

Comunicaciones Eléctricas

Edición española de ELECTRICAL COMMUNICATION

revista técnica publicada trimestralmente por

INTERNATIONAL TELEPHONE and TELEGRAPH CORPORATION

RESUMEN

VOLUMEN 51 (1976) NUMERO 4

En este número	226
El sistema de conmutación telefónica TXE4, por <i>S. B. Marsh</i>	228
El sistema TXE4 – Centrales urbanas de gran capacidad para la red del Reino Unido, por <i>D. G. Bryan</i>	229
Contrato y control del desarrollo del sistema TXE4, por <i>S. G. W. Johnstone</i>	233
Red de conmutación TXE4, por <i>G. Harland y J. P. Ronayne</i>	238
Equipo de control TXE4, por <i>R. E. Edwards; P. J. Hiner y K. Piper</i>	244
Características y filosofía de mantenimiento del sistema TXE4, por <i>A. H. Babb, B. S. Jones y R. W. Walton</i>	252
Medida de las propiedades de transmisión de las fibras ópticas, por <i>M. Chown y R. Worthington</i>	259
SE205 – Una serie de radioteléfonos compactos, por <i>H. P. Ketterling y M. P. Klein</i>	267
Comunicaciones por satélite para y desde aviones, por <i>R. Aubele y H. Haeberle</i>	272
Consideraciones sobre DME de precisión para futuros sistemas de aterrizaje, por <i>H. Vogel</i>	278
Evaluación de la calidad para los componentes empleados en aplicaciones militares y espaciales, por <i>D. Tabet y L. Le Saec</i>	283
Nota de Investigación y Desarrollo: Receptor marítimo principal o de reserva R700M, por <i>J. N. McAinsb</i>	288
Nuevas realizaciones	290

Editor principal: Pierre Mornet

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

En este número

El sistema de conmutación telefónica TXE4

En 1971 el BPO decidió adoptar el sistema TXE4 en su programa de modernización de la red telefónica del Reino Unido.

Entre los sistemas de control por programa almacenado que se fabrican actualmente, el TXE4 es quizás único en su concepción empleando pocos subsistemas relativamente sencillos para conseguir un sistema de alta calidad técnica. Cinco artículos describen los elementos principales en la evolución del sistema y explican algunas características técnicas a la luz de la experiencia.

El sistema TXE4 – Centrales urbanas de gran capacidad para la red del Reino Unido

El sistema de conmutación electrónica TXE4 está constituido por un conjunto de cierto número de subsistemas de relativamente pocos tipos diferentes, con un número de intercomunicación entre sí. El sistema tiene una red de conmutación que utiliza relés de contactos sellados como elementos de conmutación, con control electrónico por programa, y su versatilidad y flexibilidad hacen de él un equipo ideal para cumplir las exigencias del sistema telefónico del Reino Unido, uno de cuyos elementos más importantes es la gradual sustitución de las centrales electromecánicas existentes. El sistema TXE4 puede aplicarse a nuevas centrales o a la modernización de centrales electromecánicas antiguas.

Diseñado para una capacidad entre 2000 y 40.000 líneas con intensidades de tráfico originado de 0,02 a 0,35 E por línea, el sistema puede ampliarse fácilmente hasta un límite total de 4000 E de tráfico originado.

El sistema TXE4 es de diseño modular, lo que le hace adecuado para un desarrollo evolutivo que permite utilizar la siguiente versión, el TXE4 A, en interconexión con el diseño original cuando hay que hacer ampliaciones de éste.

Las mejoras que presenta el TXE4 A residen principalmente en la función de control y comprenden el almacenamiento de datos de abonados con posibilidad de modificación eléctrica, un aumento en la potencia de tratamiento de la unidad principal de control, y la inclusión de medios de interconexión que permitirán al sistema trabajar con un futuro procesador de gestión de la red.

Ya se tienen 64 pedidos en mano para instalaciones del sistema TXE4, incluyendo nuevas centrales y modernización de centrales existentes.

Contrato y control del desarrollo del sistema TXE4

Después de diez años de estudios de diseño, discusiones y desarrollo, se firmó un contrato entre el British Post Office y Standard Telephones and Cables, compañía británica de ITT, que comprendía 64 pedidos del sistema TXE4. Un pedido incluye generalmente una central completamente nueva, como la central Rectory, cerca de Birmingham (Inglaterra), aunque también puede suponer la renovación de una central más antigua con equipo moderno que primeramente sirve de ampliación al equipo existente y luego lo va reemplazando gradualmente.

El contrato cubre aspectos técnico-comerciales durante un período inicial y considera el desarrollo venidero de los pedidos que sigan a dicho período, mientras dure el suministro de equipo TXE4.

Examinando con atención la aplicación del contrato en la primera gran instalación de la central de Rectory, se aprecia la prudencia con que ha sido elaborado y, al mismo tiempo, que no hace el mutuo control innecesariamente restrictivo.

Red de conmutación TXE4

El diseño de la red TXE4 data de los primeros días del desarrollo del sistema y por consiguiente ha evolucionado como un todo orgánico, cada parte del sistema complementando las restantes. Por ser una red de relés de contactos sellados controlados electrónicamente, está bien preparada para un control electrónico total, si bien admite un desarrollo independiente.

Las técnicas de conexión en serie permiten sacar el máximo provecho de la flexibilidad del control por programa, mientras que los puntos de cruce de contactos sellados permiten la aplicación fácil del sistema tanto a las redes actuales como a las que están en desarrollo.

Su campo de aplicación se extiende desde 100 hasta 10.000 E, pudiéndose ampliar sin necesidad de reestructuración de cableado ni de otra ac-

ción que pudiera afectar desfavorablemente el servicio a los abonados existentes.

El sistema de conmutación es una configuración de aplicación generalizada en la que cualquier línea de abonado, enlace, registrador, circuito de tono u otro órgano periférico puede interconectarse mediante un sencillo proceso normalizado de establecimiento de camino, que emplea circuitos de comparativamente escasa complejidad.

La red TXE4 fue desarrollada sin inspirarse en sistemas de conmutación existentes y por ello empezó desde los principios fundamentales. Por ello es eminentemente apropiada para sistemas del futuro controlados por ordenador.

Equipo de control TXE4

Las funciones de control del TXE4 están distribuidas entre varios grandes bloques funcionales de la central, en particular la memoria cíclica, la unidad principal de control, el marcador y la unidad supervisora de tratamiento. Las funciones desempeñadas por estas unidades están estrechamente ligadas a su relación con la red y con el proceso de tratamiento de la llamada, con lo cual se obtiene una estructura que se dimensiona cómodamente para una adaptación exacta a los parámetros propios de la central.

Se aplica el principio de la duplicación de órganos del control con objeto de obtener una estructura modular tolerante a los fallos, sencilla de comprender y de operar. El control lógico de la UPC proporciona gran flexibilidad y facilidad de aplicación sin la complejidad de programas que se encuentra otras veces. Retiene su simplicidad delegando la exploración, establecimiento de caminos y supervisión de la llamada a unidades especializadas.

Características y filosofía de mantenimiento del sistema TXE4

Las centrales TXE4 están diseñadas para trabajar de manera continua durante más de 25 años y deben funcionar en presencia de averías, actividades de mantenimiento y trabajos de ampliación.

El sistema de alarmas está graduado para localizar progresivamente el equipo defectuoso en cada sala llegando hasta el nivel de funciones de circuitos individuales, y puede regularse de forma que se active por encima de un umbral predeterminado de número de incidentes. Este sistema de alarmas se complementa con un equipo de registro de fallos mediante teletipos para indicación local o a distancia, según se requiera.

El equipo de pruebas especializado, incorporado al sistema, se complementa con un equipo de pruebas especial que puede conectarse cuando se desee, para verificar determinadas funciones del sistema.

Un manual de mantenimiento por diagnóstico complementa al manual del sistema y proporciona una ayuda eficaz para el diagnóstico de fallos y el mantenimiento preventivo.

Después de encontrar un defecto en una unidad enchufable, una matriz de conmutación, etc., se efectúa la reparación en el centro de mantenimiento empleando un equipo automático de pruebas PROLOG, un equipo de pruebas MUTE, o un equipo de pruebas ROIL, según el tipo de equipo de la central afectado. Como se sigue el mismo procedimiento empleado durante la fabricación, las unidades reparadas se almacenan una vez probadas para dar la misma calidad que cuando salieron de fábrica, evitándose así el utilizar la central como banco de pruebas.

Estos equipos están programados utilizando el lenguaje de alto nivel PROTEST* desarrollado por ITT para pruebas. El empleo del lenguaje PROTEST ha permitido simplificar considerablemente la formación de los técnicos que utilizan los equipos.

Medida de las propiedades de transmisión de las fibras ópticas

Durante los primeros años del desarrollo de fibras ópticas, los ingenieros se interesaron principalmente en su nivel de atenuación. En la actualidad que este parámetro se ha reducido a un nivel aceptable, se interesan por una gama más amplia de parámetros que condicionan la calidad de la transmisión.

* Marca registrada del sistema ITT

Estos parámetros comprenden atenuación, absorción, dispersión, dispersión de impulsos y el perfil del índice de refracción.

En Standard Telecommunication Laboratories, el centro británico de investigación de ITT, se han desarrollado numerosas técnicas de medida de estos parámetros, y sus resultados se han puesto a disposición de los diseñadores de sistemas. Estos incluyen, también, los resultados de un análisis de los métodos de inyección del haz. Las aplicaciones futuras de estas técnicas de medida comprenderán medidas en cables instalados y el control continuo de las fibras durante su fabricación.

SE205 – Una serie de nuevo tipo de radiotelefonos compactos

Existe una gran demanda para las diversas necesidades de servicios radiotelefónicos civiles no públicos de estaciones de bajo costo, tanto fijas como para vehículos, caracterizadas por su fiabilidad, fácil mantenimiento y pequeña inversión en pruebas y ajustes. Son también un requisito esencial los sistemas de llamada selectiva. El deseo de simplicidad de instalación y pequeño volumen conduce a equipos manuales de diseño compacto.

Los nuevos equipos radiotelefónicos de la serie SE 205 de SEL cumplen todos estos requisitos. Los equipos se han diseñado en versiones multicanal y de canal único para funcionamiento en simplex y en semi-duplex, pudiéndose seleccionar libremente la separación entre las bandas de frecuencia de transmisión y de recepción. Los equipos se han desarrollado para funcionar en las bandas de VHF y de UHF utilizando modulación de frecuencia o de fase con potencias de salida de transmisor de hasta 10 W, y separación de canales de 25, 20 ó 12,5 kHz. Las estaciones móviles se alimentan de la batería del vehículo; las estaciones fijas que, aparte de una mayor estabilidad de frecuencia, son idénticas a los equipos móviles, se alimentan de la red de CA mediante una unidad de alimentación.

Los equipos radiotelefónicos se alojan en cajas metálicas y pueden instalarse en vehículos de la misma manera que los receptores de coche, o en montajes separados. Los distintos módulos se han construido utilizando los más avanzados componentes y procedimientos de fabricación.

Una amplia gama de unidades accesorias y de bloques de llamada selectiva enchufables permiten la realización de numerosas variantes para muchas aplicaciones.

Los equipos radiotelefónicos SE 205 se encuentran en funcionamiento dentro y fuera de Alemania desde 1975.

Comunicaciones por satélite para y desde aviones

En el futuro, han de tener creciente importancia los enlaces de datos de largo alcance entre estaciones terrestres y aviones. En este artículo se hace una propuesta de sistema de una red de comunicaciones de datos entre una estación terrestre y muchos aviones, utilizando un satélite. La red de comunicaciones de datos consta en este caso de dos redes parciales. Una de estas redes parciales representa una red de radiodifusión de datos desde la estación terrestre a todos los aviones. La otra red parcial formada por los enlaces dirigidos de los aviones a la estación terrestre, es una red de acceso múltiple especial cuya mejor manera de realizarse es mediante un sistema TDMA simplificado. Este sistema TDMA se describe con detalle haciéndose también el cálculo del camino de transmisión. El canal de radiodifusión de datos de la estación terrestre se utiliza para la sincronización del sistema TDMA. De esta manera se ha llegado a un sistema TDMA con un control de bloques de impulsos de fase muy sencillo y que

no necesita procedimiento alguno inicial de enclavamiento. Debido a esta sincronización, el sistema TDMA puede utilizarse tanto para satélites síncronos como para los no síncronos, con las mismas ventajas.

Consideraciones sobre DME de precisión para futuros sistemas de aterrizaje

La precisión del sistema actual DME especificado por la ICAO de, aproximadamente, 180 m (600 pies) no es suficiente para futuras ayudas de aterrizaje. De acuerdo con los nuevos requisitos de la ICAO, el error no debía exceder de 30 m (100 pies).

Las demostraciones del sistema DLS (sistema de aterrizaje basado en el DME) a la AWOP en febrero de 1976 mostraron que el DME de precisión de SEL, que corresponde plenamente a las especificaciones presentes de la ICAO, cumple estos requisitos.

Los errores de los interrogadores DME de a bordo actuales dependen principalmente de las variaciones del retardo, de las formas del impulso transmitido, métodos de disparo, decodificadores y procedimientos de procesado de la distancia. Se han reducido mediante compensación continua de los retardos internos, uso de radiogoniómetros de precisión de semi-amplitud, métodos digitales de proceso de distancia y diversas mejoras en el transmisor, receptor y en la generación de la frecuencia.

Los errores causados por propagación de caminos múltiples dependen de la relación de amplitudes, de la diferencia entre tiempos de la propagación y diferencias entre las fases de RF de las señales directa y reflejada. Estos errores se reducen mediante temporización al primer impulso. Son posibles también otras mejoras mediante la aplicación de antenas terrestres direccionales.

Evaluación de la calidad para los componentes empleados en aplicaciones militares y espaciales

La evaluación rigurosa de la calidad, para todos los componentes destinados a aplicaciones militares y espaciales, es de importancia primordial. Esta evaluación incluye pruebas que aseguren una alta fiabilidad, en particular de los componentes para satélites.

La primera etapa consiste en la evaluación de los posibles suministradores de un componente para una aplicación determinada. Seguidamente se evalúa el componente y se realiza una selección, a continuación se emplea la calificación del componente para verificar la selección. Finalmente, se realizan pruebas durante todo el ciclo de producción para asegurar el mantenimiento de la alta calidad.

El Laboratoire Central de Télécommunications, centro de investigación de ITT en Francia, dispone de medios para pruebas especiales para la evaluación de componentes, tanto para uso interno como para clientes exteriores.

Nota de investigación y desarrollo

Receptor marítimo principal o de reserva R 700 M

El receptor principal, equipo esencial en el sistema de comunicaciones de un barco moderno, debe poder recibir muchos tipos de señales moduladas, aparte de otras importantes características. Este nuevo y elaborado receptor R 700 M satisface todas las exigencias para su funcionamiento como receptor principal y de reserva para barcos de más de 1600 toneladas.

El sistema de conmutación telefónica TXE4

S. B. MARSH

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

En 1971 el British Post Office tomó la decisión de adoptar el TXE4 como el sistema de centrales telefónicas urbanas de capacidad media y grande para el programa de modernización de la red de telecomunicaciones del Reino Unido. La decisión se tomó en circunstancias tales que la estructura del sistema TXE4, resultado de muchos años de desarrollo evolutivo, parecía estar técnicamente en conflicto con otros sistemas de la competencia. Las investigaciones económicas y operacionales, extremadamente completas y detalladas, que determinaron la decisión fueron sólo posibles gracias a la información resultante de decisiones previas de STC en el sentido de proseguir por su única cuenta y riesgo, primero con el TXE3 y luego con su versión de coste reducido, el TXE4.

Los estudios subrayaron la crucial dependencia de la economía del sistema en relación al coste del producto, el plazo y el coste de desarrollo. A fin de asegurar un elevado grado de control sobre estos parámetros, se invirtió cerca de un año en definir, en forma contractual, la característica de funcionamiento del producto, el objetivo de coste, las normas de diseño, los procedimientos de control del diseño y los métodos de evaluación. De esta forma, cuando comenzó el trabajo, en esencia había un alto grado de confianza en que el producto resultante cumpliría todos los supuestos que sirvieron para adoptar la decisión de seguir adelante.

Los resultados obtenidos han justificado cumplidamente el esfuerzo empleado. Aunque el arranque de la producción simultáneamente con la terminación del desarrollo ha planteado problemas importantes de rediseño y control de cambios, las rígidas normas impuestas han permitido no sólo alcanzar un nivel de producción de más de

100.000 líneas anuales en 1975 sino también transferir rápidamente la información a los otros dos suministradores del Reino Unido, que también están ahora haciendo sus primeras entregas.

Entre todos los sistemas de control por programa almacenado actualmente en producción, el TXE4 es quizás el único en emplear un concepto de consecución de seguridad, flexibilidad y capacidad de extensión mediante el uso en grandes cantidades de unos pocos subsistemas de equipos y de programas relativamente sencillos. En cada fase de desarrollo el grupo del TXE4 se ha visto sometido en su trabajo a la penetrante evaluación de sus colegas de ITT y de su cliente principal. El cumplimiento casi exacto de los plazos planeados y la amplia aceptación de los productos resultantes se deben en cierta medida al ambiente de crítica en que tuvo lugar el desarrollo.

Durante el proceso de desarrollo se han publicado muchos artículos técnicos sobre el sistema TXE4, que se relacionan en la bibliografía de los trabajos que siguen. Por tanto, no se trata en estos artículos de describir el sistema con todo detalle, sino que se pretende que destaquen los aspectos de mérito e interés técnicos en el sistema en sí y en el proceso de desarrollo seguido.

STC se enorgullece de que sus decisiones y las de su cliente, el British Post Office, muchas de ellas tomadas hace algunos años casi como acto de fe, le han permitido desempeñar el papel principal en una actividad de tanta importancia para la continua evolución de las técnicas y las facilidades de la comunicación telefónica.

S. B. Marsh es director técnico de STC.

El sistema TXE4 – Centrales urbanas de gran capacidad para la red del Reino Unido

Este sistema de conmutación electrónica con relés de contactos sellados ha sido diseñado básicamente para cumplir las necesidades del mercado en el Reino Unido y sustituir gradualmente las centrales electromecánicas antiguas. Subsistemas normalizados constituyen un sistema completo de sencillo concepto, versátil en cuanto a aplicaciones y básicamente tolerante para los fallos. La estructura del sistema reduce al máximo la intercomunicación, aumentando con ello su flexibilidad para las ampliaciones y un posterior desarrollo.

D. G. BRYAN

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

Descripción general del sistema

La idea fundamental en que se basa el diseño del sistema TXE4 es que éste debe estar compuesto de un conjunto de pocos tipos de subsistemas, tanto de equipos como de programas, dispuestos de tal forma que permiten ampliar la capacidad de las centrales, ya sea en conexiones, tráfico o facilidades, mediante la simple adición de subsistemas similares. Igualmente, esta solución garantiza que la fiabilidad de la central está asegurada en caso de fallo de cualquier subsistema sin necesidad de un intercambio de información o de una supervisión externa del funcionamiento de cada subsistema. Esta idea ha conducido al diseño de una red de conmutación de fácil control, lo que permite el empleo de un gran número de unidades de control similares y relativamente económicas.

El sistema puede considerarse constituido por cierto número de subunidades "disciplinadas" de relativamente pocos tipos diferentes. Son disciplinadas en el sentido de que todas funcionan con una gran independencia y un mínimo de intercomunicación (generalmente "estoy ocupada", "estoy libre", "interroga", "marca", etc.). Con esta arquitectura de sistema puede dimensionarse la capacidad inicial de una instalación y las ampliaciones subsiguientes para cumplir las condiciones precisas de número de líneas y de tráfico. No hay problema de aumento de las actividades de mantenimiento al crecer la capacidad. Esta estructura ha permitido al sistema TXE4 satisfacer un requisito importante de la red del Reino Unido, cual es la modernización de las centrales electromecánicas antiguas mediante ampliación y sustitución gradual.

El sistema TXE4 utiliza una red de conmutación de relés de contactos sellados con retención eléctrica y control electrónico por programa. Se emplean bloques funcionales normalizados para constituir un sistema que es sencillo de concepto, versátil de aplicación y básicamente tolerante en cuanto a fallos.

El sistema está diseñado para centrales urbanas en el margen de 2000 a 40.000 líneas, con intensidades de tráfico originado de 0,02 a 0,35 E por línea. El sistema es fácilmente ampliable hasta un límite total de unos 4000 E de tráfico originado. En la figura 1 se muestra un diagrama general de bloques del sistema.

Red de conmutación

La red de conmutación está constituida por cierto número de unidades idénticas independientes hasta un máximo de 48. Cada una cursa un volumen fijo de tráfico en ambos sentidos, viniendo determinado, por consiguiente,

el número de unidades necesarias para una aplicación específica, por el tráfico total a cursar. La red consiste en un sistema de mallas a tres etapas *A*, *B* y *C*, (ver Fig. 1) replegado sobre si mismo a través de una etapa adicional *D*, de forma que puede establecerse una conexión entre dos terminales cualesquiera mediante la actuación de siete puntos de cruce. Las etapas *B* y *C* de cada unidad de conmutación están seccionadas en cierto número de subunidades idénticas (normalmente seis u ocho) con fines de fiabilidad, ya que un fallo que afecte a cualquier subunidad no implica una pérdida de servicio para los abonados, sino solamente una calidad de servicio ligeramente inferior.

Las líneas de abonado, los enlaces y otros circuitos se conectan a la red en los elementos de selección de la etapa *A*, reservándose elementos de selección diferentes para los abonados y para los enlaces. Puede ajustarse la concentración de tráfico en la etapa *A* para adaptar la intensidad de tráfico de los abonados a la capacidad fija de la red de conmutación. Se hace una mezcla de tráfico dentro de la unidad de conmutación en la etapa *C*, conectándose los elementos de selección de esta etapa mediante circuitos de conexión, que proporcionan supervisión local cuando es necesario, y los elementos de selección de la etapa *D*, que interconectan planos adyacentes interiormente y entre todas las unidades de conmutación.

Equipo de control

El equipo de control supervisa el establecimiento de llamadas a través de la red de conmutación. Memorias cíclicas de datos proporcionan una biblioteca de información sobre todos los terminales de la central. Cada una de estas memorias contiene la información relativa a 480 abonados y una parte proporcional de enlaces, equipos misceláneos y traducciones de códigos. El número de memorias cíclicas equipadas depende del número de líneas, hasta un máximo de 84 memorias, lo que da una capacidad máxima de algo más de 40.000 líneas. Estas memorias cíclicas trabajan en cooperación con equipos exploradores para proporcionar toda la información relativa a un terminal específico simultáneamente en forma codificada sobre las vías de conexión con las unidades principales de control.

Las unidades principales de control son procesadores especiales que emplean técnicas de control por programa. El número de estas unidades puede llegar hasta 20, dependiendo del tráfico, y pueden trabajar simultánea pero independientemente en reparto de carga, de modo que en caso de fallo la unidad de control afectada queda fuera de servicio y el resto de las unidades de control cursan todo el tráfico, con una calidad de servicio ligeramente inferior.

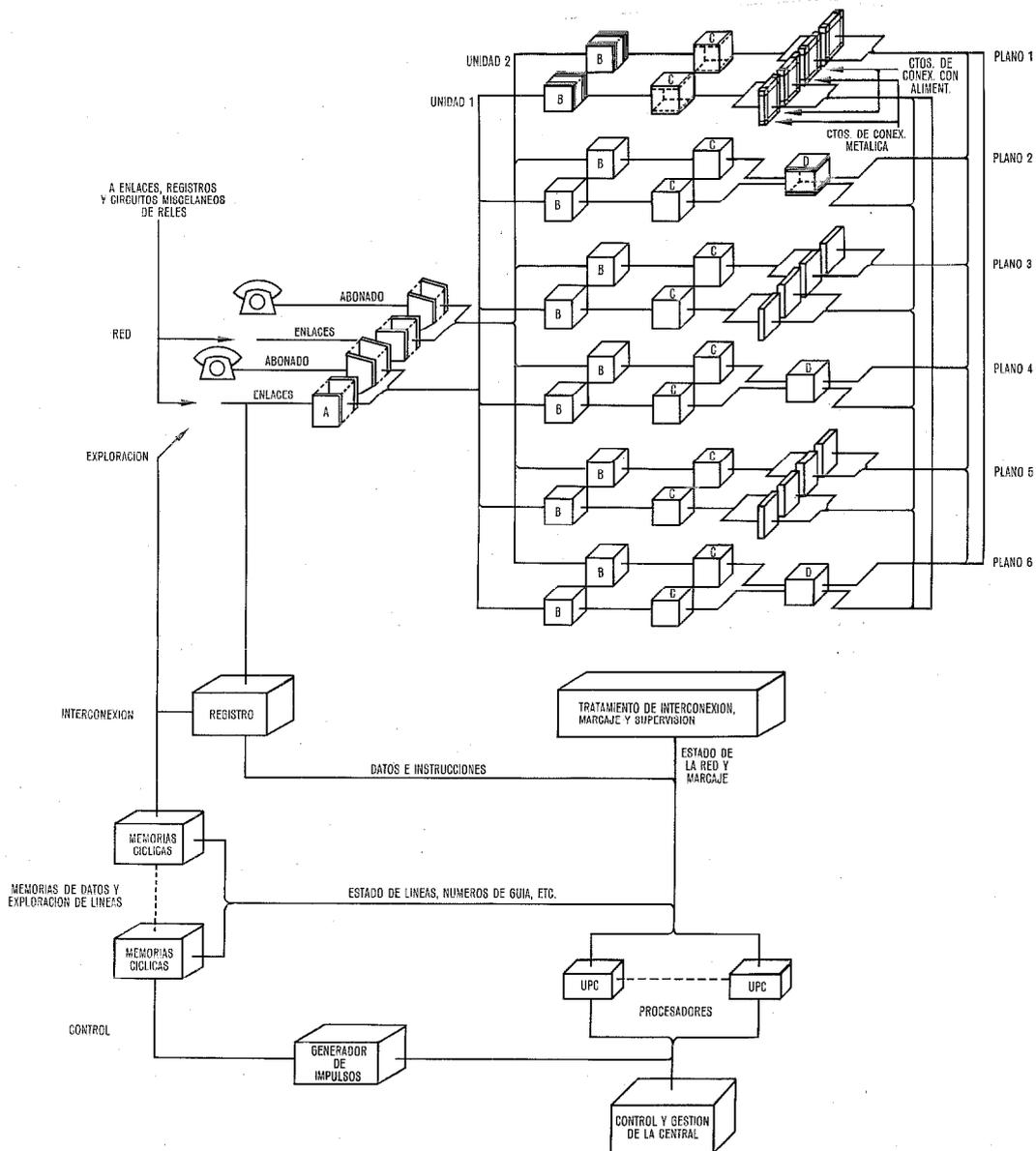


Fig. 1 Diagrama de bloques de una central TXE4 con sistema de mallas a 3 etapas (A, B y C) repliegado sobre si mismo a través de una etapa adicional (D).

La interconexión entre la red de conmutación y el equipo de control se hace mediante registros y marcadores-interrogadores. Los registros se equipan según el tráfico de la central y actúan como elementos de interconexión de las unidades principales de control específicas, de las que dependen para sus funciones básicas. Los marcadores-interrogadores se equipan con las subunidades de conmutación y desarrollan, a petición de las unidades principales de control, las actividades de identificación del estado de la red y marcaje de los caminos a través de ésta.

Capacidad de ampliación

El equipo que se utiliza en el sistema TXE4 consta de unidades enchufables normalizadas que se montan según se requiera en bastidores cableados normalizados. La interconexión entre bastidores se efectúa mediante cables enchufables, de manera que se simplifican la instalación y

las ampliaciones, exigiendo estas últimas mínimas modificaciones del cableado existente.

Esta característica, junto con el diseño modular del sistema, le hace fácilmente ampliable en etapas económicas, independientemente en cuanto a líneas, tráfico y capacidad de proceso, como ilustra la figura 2.

Historia del desarrollo

El sistema TXE4 es la culminación de un desarrollo evolutivo que empezó en los primeros años de la década 1960/70 bajo los auspicios del Acuerdo Conjunto Británico de Investigación en Electrónica entre el British Post Office y los entonces principales suministradores del Reino Unido. [1], [4].

En el desarrollo de los sistemas electrónicos con contactos sellados la propuesta de centrales urbanas de gran capacidad consistía en el empleo de una red seccionada con

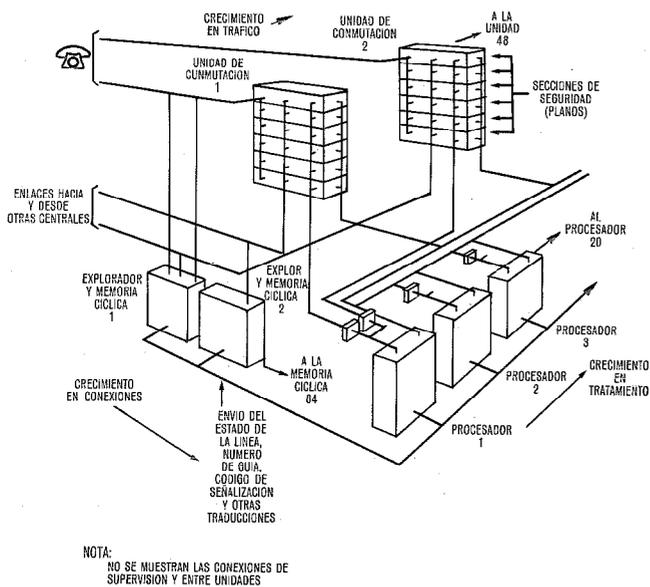


Fig. 2 Construcción modular y capacidad de ampliación del sistema TXE 4 que le hace fácilmente ampliable en etapas económicas, independientemente en cuanto a líneas, tráfico y capacidad de proceso.

contactos sellados basada en un sistema de uniselectores a motor desarrollado por la compañía AEI (Associated Electrical Industries) del Reino Unido, con un control electrónico duplicado desarrollado por STC, una compañía británica de ITT, y utilizando una memoria de capacidad desarrollada por BTM (Bell Telephone Manufacturing), una compañía belga de ITT. Este sistema se denominó TXE 1 y se puso una central experimental en servicio público en 1967 en Leighton Buzzard, donde ha estado funcionando satisfactoriamente desde entonces [2].

A lo largo de este desarrollo se identificaron diversas

Evolución del TXE 4 - Jalones principales		
TXE 1	empieza el diseño del sistema	1961
TXE 3	empieza el diseño del sistema	1964
TXE 4	empieza el diseño del sistema	1966
TXE 1	se pone en servicio (Leighton Buzzard)	1967
TXE 3	maqueta de pruebas (Armour House, central Monarch)	1968
TXE 4	se instala la maqueta (central Tudor, Muswell Hill)	febrero 1969
TXE 4	en espera de la negociación del contrato	mayo 1969
TXE 4	maqueta en servicio finalización del Acuerdo Conjunto de Investigación en Electrónica	junio 1969
TXE 4	se empieza de nuevo, con carta de intención del BPO	marzo 1970
TXE 4	BPO pide que siga el desarrollo	septiembre 1970
TXE 4	firma del contrato	mayo 1971
TXE 4	empieza la primera instalación (Rectory, Birmingham)	febrero 1973
TXE 4	el BPO decide adoptar el sistema para centrales urbanas de gran capacidad	octubre 1973
TXE 4 A	se firma el contrato de desarrollo	marzo 1975
TXE 4	la primera central (Rectory) pasa las pruebas de aceptación final	agosto 1975
TXE 4	se pone en servicio la primera central	febrero 1976

mejoras del sistema que introdujeron una mayor normalización de los módulos de la red y que extendieron el principio de seccionamiento al control, que se organizó también con memoria de programas. Se construyó una maqueta de este sistema, denominado TXE 3, en los laboratorios del British Post Office en Londres, y se efectuaron pruebas de campo públicas en 1968 [3].

Este sistema, aunque técnicamente satisfactorio, no era totalmente económico y, tras la liquidación del Acuerdo Conjunto de Investigación en Electrónica, STC continuó en solitario el desarrollo de una versión del sistema de coste reducido, conocida como TXE 4. En 1969 se puso en servicio público la central experimental de Tudor en el norte de Londres.

Después de esto, el British Post Office efectuó una completa evaluación del sistema en sus aspectos técnicos y económicos y decidió adoptarlo por su aplicación a centrales urbanas de gran capacidad. En 1971 se firmó un contrato con STC para poner el sistema TXE 4 en producción y suministrar un pedido inicial de 18 centrales.

Situación actual

El total de pedidos según contrato al final del período de los tres primeros años era de 134.492 líneas. En el cuarto año se recibieron pedidos por 114.281 líneas más y en noviembre de 1975 los pedidos del quinto año alcanzaban 177.035 líneas, lo que hacía un total de 420.808 líneas pedidas. Esto representa 64 pedidos de instalaciones diferentes (nuevas centrales o modificaciones de centrales existentes) divididas más o menos en partes iguales entre los tipos "Director" (con registrador) y "No-Director" (de selección directa). Todos estos pedidos están hoy en diversas fases de producción o instalación.

Estado de pedidos del TXE 4 - A mediados de 1976	
En servicio	1
En aprobación tipo	1
En pruebas conjuntas de aceptación	3
En fase de puesta en servicio	7
En fabricación	28
Otros pedidos en curso	24
Total de pedidos de STC	64
Pedidos de otros fabricantes del Reino Unido	24

El primer pedido para la nueva central de Rectory en Birmingham se ha completado ya. El siguiente pedido, para una segunda nueva central en Birmingham Central ha alcanzado la etapa en que se han completado las pruebas de aceptación final. Como se trata de una central de ocho plands y el equipo tiene códigos de bastidores y unidades que no existían en Rectory, habrá un período de 13 semanas de pruebas de "aprobación de sistema", tras las cuales entrará la central en servicio. La tercera central, Perivale, en la zona de Londres con equipo tipo Director está ahora siendo probada exclusivamente por la División de Instalaciones de STC sin ayuda de Ingeniería. Está en fase de pruebas de aceptación conjuntas y el manual correspondiente se está validando junto con los ingenieros del BPO. Otras 12 centrales están en diversas fases de puesta en servicio; entre ellas figura Leighton Buzzard (primera instalación del tipo No-Director) y Nottingham Crusader, pri-

mera ampliación de una central paso a paso. Otras 12 centrales están en diversas etapas de instalación en el Reino Unido. Esto demuestra la densidad del programa de TXE4, en el que una central se ha puesto en servicio y otras 26 están en fase de pruebas o instalación.

A finales de 1972 el BPO decidió que el TXE4 fuera el principal sistema a utilizar en sus planes de modernización de la red telefónica del Reino Unido para final de siglo, y esta decisión fue refrendada por el Gobierno británico en 1973. Después de esto, STC ha transferido información a los otros principales fabricantes del Reino Unido a fin de que puedan arrancar la producción del sistema.

Continuación del desarrollo

En base a la experiencia conseguida durante el desarrollo del TXE4, se han identificado diversas posibilidades de reducción del coste del sistema, así como de aumentar la gama de facilidades futuras. Como resultado de unos amplios estudios de factibilidad, el British Post Office firmó en 1975 un nuevo contrato de desarrollo con STC para continuar el desarrollo del sistema, que ahora se conoce como TXE4A.

Un requisito esencial de este desarrollo es que no debe cambiarse la estructura básica del sistema, con objeto de poder ampliar las centrales TXE4 existentes con equipo TXE4A cuando se disponga de éste. Por consiguiente, se conservan las principales áreas funcionales del sistema con sus órganos de interconexión existentes.

Dentro de estas limitaciones, el TXE4A se ha concebido en primer lugar para lograr un ahorro en coste, y en segundo lugar para permitir mayores facilidades de servicio y de explotación, según puedan requerirse en el futuro [5].

Estas mejoras se consiguen aprovechando los adelantos tecnológicos que han tenido lugar desde que se estableció el diseño original del TXE4 y están concentradas en gran parte en el equipo de control electrónico del sistema.

En el sistema TXE4 la red consta básicamente de relés de contactos sellados y el control utiliza en gran parte componentes electrónicos discretos, con algunas memorias de núcleos de ferrita y memorias cableadas con anillos Dimond para los datos de los abonados y del programa.

En el TXE4A la parte de la red no cambia pero el control se moderniza en la forma siguiente:

En primer lugar se introduce una tecnología más moderna en lógica y en memorias. La lógica básica se realiza ahora en TTL normalizada y las memorias de trabajo son del tipo MOS de acceso aleatorio. El programa está ahora contenido en memorias reprogramables MOS de sólo lectura.

En segundo lugar se emplean memorias que pueden alterarse eléctricamente para los datos de los abonados. Esto mejorará los aspectos de gestión del sistema y permitirá su futuro perfeccionamiento, de forma que en circunstancias especiales los abonados podrán cambiar su propia información mediante el envío de señales codificadas desde su teléfono. La idea consiste en almacenar todos los datos relativos a abonados, enlaces y traducciones de códigos en memorias MOS del tipo de registros de desplazamiento, que se duplicarán por razones de fiabilidad, con técnicas de amplia detección y corrección de errores. Para preservarse

contra la pérdida de información por fallo de la alimentación se cuenta con memoria soporte de cinta magnética, con recarga automática en caso de avería.

El tercer cambio en el control del TXE4A consiste en aumentar la capacidad de tratamiento de la unidad principal de control. Esto permitirá a cada unidad de control tratar más del doble del número de registros y, por tanto, cursar más llamadas que la versión actual. Esto aumentará la capacidad total de control del sistema a un nivel más compatible con el de la red de conmutación. También permitirá la adición de facilidades más sofisticadas en el futuro mediante la inclusión de nuevos módulos de programas.

Finalmente incluyen elementos de interconexión que permitirán al sistema interconectarse en el futuro con un procesador de gestión de la red. Esta interconexión se conseguirá mediante puertas de entrada/salida a las partes principales del equipo de control, de forma que pueda transferirse información en cualquier sentido entre estos equipos y un procesador de gestión de la red, que puede estar situado en un centro distante. Este procesador no forma parte del desarrollo actual del TXE4A, ni es esencial para éste, pero si se instala en el futuro, permitirá añadir cierto número de facilidades.

En el diseño del TXE4A se cuenta con las mismas facilidades de explotación de la actual versión del TXE4, pero puede modificarse la información contenida en la memoria cíclica de datos desde un teletipo, que puede estar instalado en la central o en un lugar distante.

De esta manera, el desarrollo del TXE4A continúa el progreso evolutivo del sistema TXE4 dentro de la misma estructura básica del sistema, y es ventajoso en cuanto a que mejora la fiabilidad y permite ahorros de espacio y energía, todo lo cual contribuye al reducido coste del equipo. Al mismo tiempo, el sistema está preparado para futuras mejoras que pueden no estar aún plenamente identificadas y permite esperar que podrá interconectarse con sistemas más modernos que puedan introducirse en la red en el futuro.

Referencias

- [1] D. G. Bryan y D. L. Benson: The Evolution of Reed Relay, Common Control, Large Telephone Exchange in the United Kingdom; Conference on Switching Techniques for Telecommunications, Londres, 21 a 25 de abril de 1969. Londres, Institution of Electrical Conference Publication, N° 52, págs. 28-31.
- [2] S. H. Sheppard: The Leighton Buzzard Electronic Telephone Exchange; Post Office Electrical Engineers' Journal, enero 1967, volumen 59, parte 4, págs. 255-261.
- [3] D. H. Vogan y C. D. E. Price: The TXE3 Experimental Electronic Exchange System; Post Office Electrical Engineers' Journal, octubre 1969, volumen 62, parte 3, págs. 142-147.
- [4] C. A. May: Electronic Exchanges: The Steps Leading to TXE4; Post Office Electrical Engineers' Journal, octubre 1972, volumen 65, parte 3, págs. 134-139.
- [5] D. G. Bryan: Centralised Management Functions of the TXE4 System; Simposio Internacional de Conmutación, Munich, 9 al 13 de septiembre 1974, documento N° 423 R/1-6.

David Bryan nació en Kent, Inglaterra, en 1932. Obtuvo un Diploma de Ingeniería Eléctrica en el Faraday House Engineering College de Londres. En 1955 ingresó en el Departamento de Desarrollo Avanzado de la División de Conmutación Telefónica de Standard Telephone and Cables Limited, donde trabajó en sistemas de conmutación electrónica. Actualmente es Jefe de Desarrollo del TXE4 en la División de Productos de Conmutación Electrónica. Es miembro del Instituto de Ingenieros Eléctricos.

Contrato y control del desarrollo del sistema TXE4

El contrato entre el British Post Office y su principal suministrador STC para el sucesivo desarrollo y entrega de equipo TXE4, instalando centrales totalmente nuevas y renovando las antiguas, ha demostrado ser eficaz en la práctica, sin indebidas ataduras y de positivo valor para el control mutuo.

S. G. W. JOHNSTONE

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

Introducción

Al cabo de diez años de diseño y conversaciones preliminares, en mayo de 1970, comenzó la preparación definitiva del contrato TXE4, siendo éste firmado en mayo de 1971. Se acordó que uno de los objetivos sería el de evitar problemas que se habían presentado anteriormente en la planta de equipo de la central, al instalar y aprobar otros sistemas más antiguos. Además se hizo que el contrato especificara exactamente los requerimientos del sistema y las normas que serían impuestas.

El contrato actualmente en vigor identifica el trabajo posterior de desarrollo necesario para el suministro de una central en servicio, definiendo también los requerimientos del sistema. Asimismo especifica las condiciones ambientales, práctica de equipos, niveles de confianza en la calidad, criterios y procedimientos para pruebas de aceptación y de aprobación de sistema.

También cubre el contrato los diversos aspectos comerciales que se refieren al suministro e instalación de centrales cuyo pedido se realizará durante el período inicial. En él se trata de los costes exhaustivamente, así como de los procedimientos a seguir para los reajustes debidos a la inflación de salarios y de costes de materiales. Como característica muy importante, incluye la definición de los procedimientos de modificación de contrato que han demostrado en la práctica ser eficaces, sin imponer ataduras excesivas aunque manteniendo su idoneidad para el recíproco control.

Definición del sistema

La definición del sistema TXE4 consiste en la declaración de las posibilidades operativas que va a ofrecer, juntamente con la organización básica y reglas de interconexión del sistema. También se definen las condiciones limitativas aplicables a las alimentaciones, al ambiente y a la transmisión, así como las normas a utilizar en el diseño de circuitos y actividades similares.

Entre los aspectos a considerar en la definición del sistema figuraban los problemas de la fabricación, control de calidad, instalación y puesta en servicio. Algunos de los requerimientos eran bien conocidos en los sistemas electromecánicos y necesitaban pocos cambios para el TXE4; otros eran sin embargo conflictivos con los antiguos y hubo que llegar a compromisos. Los resultados y lecciones obtenidas de la prueba de campo del primer prototipo STC, en la central de Tudor (Londres) en 1969, tuvieron que ser evaluados e incorporados.

Desarrollo

Se definieron en el contrato las etapas del desarrollo, acompañadas de un extenso programa de fechas clave.

Tabla de abreviaturas

BPO	- British Post Office
CPRP	- comisión principal de revisión del proyecto
JCC	- junta de control de configuración
OCP	- organización de control del proyecto
PCA	- prueba conjunta de aceptación
STC	- Standard Telephones and Cables

La primera etapa era completar el trabajo de desarrollo, cumpliendo con las modalidades operativas y condiciones fijadas en el contrato; satisfacer los requerimientos impuestos por las grandes centrales urbanas Directoras y No-Directoras y demostrar cómo el sistema puede ampliarse y trabajar con enlaces compartidos.

La segunda etapa del desarrollo era la de prever la utilización del moderno equipo TXE4 para ampliación de las centrales electromecánicas paso a paso existentes. Esta posibilidad es esencial para la sustitución escalonada del sistema paso a paso en el Reino Unido. Permite formular pedidos de modernización completos, realizándose la renovación en un cierto número de etapas, lo cual es especialmente útil en los casos en que se dispone de una superficie de planta de equipos limitada.

La tercera etapa era opcional y daba al British Post Office (BPO) la oportunidad de contratar trabajos adicionales de desarrollo para nuevas modalidades o características funcionales que pudieran requerirse, en plazos y condiciones que serían objeto de negociación.

Control del contrato

La reunión de equipos de especialistas de STC y del BPO hizo que se sintiera pronto la necesidad de un control mancomunado, el cual se estableció bajo el título de "organización de control del proyecto" (OCP) (Figura 1) [1].

La organización de control del proyecto STC/BPO, creada a mediados de 1970, está dirigida por dos controladores de proyectos: para STC, el director general de la División de Conmutación Electrónica y, para el BPO, un director-delegado del Centro Directivo de las Telecomunicaciones. Los controladores de proyecto están asistidos por dos oficiales de enlace, uno de STC y otro del BPO, que atienden a gran parte de los necesarios contactos cotidianos. Los controladores reciben también asistencia de unos subcontroladores, que están usualmente relacionados con áreas específicas del contrato. A su vez los subcontroladores se apoyan en especialistas, que bajo su dirección se ocupan de diferentes aspectos del contrato.

El sistema anterior ha funcionado bien, pese a las diferencias en materia de organización que existen entre STC y el BPO; en efecto, el BPO no está organizado por líneas como STC y sus subcontroladores y especialistas provie-

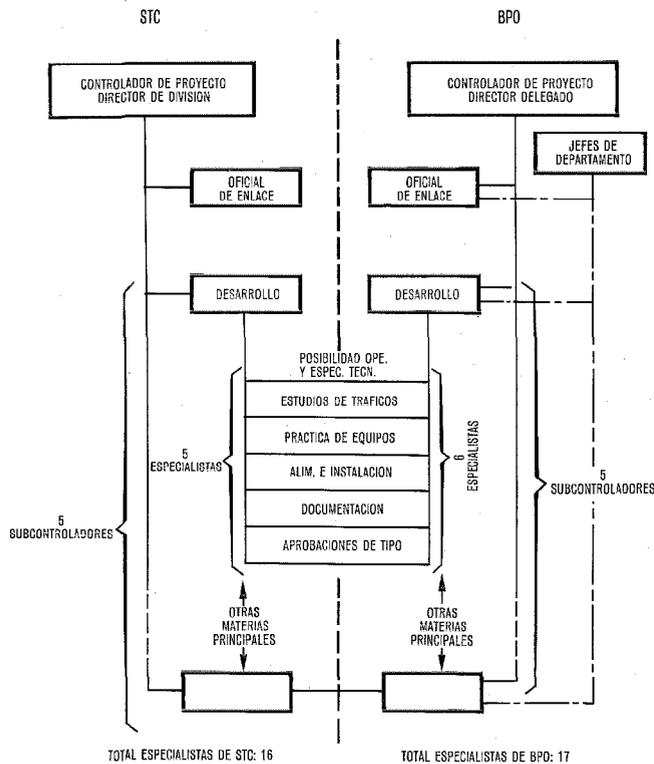


Fig. 1 Organización del control del proyecto según lo especificado en el contrato BPO/STC.

nen de los departamentos del Centro Directivo cuya función normal coincide con el trabajo específico requerido para el control del proyecto.

Con periodicidad mensual aproximada se celebran reuniones de la comisión principal de revisión del proyecto (CPRP), presididas alternativamente por cada controlador del proyecto. A ellas asisten los oficiales de enlace y todos los subcontroladores, presentando cada uno de éstos una revisión del progreso en su área. Si bien una gran parte de las acciones correctoras se acuerdan entre los subcontroladores mismos, el CPRP considera el más amplio impacto de las actividades de desarrollo y producción, planificando fases posteriores de trabajo ya aprobadas.

Los diagramas de control presentados a la CPRP eran un extracto de los planes, muy detallados, que manejaba el SM7 (control de proyectos de desarrollo en conmutación telefónica). Este sistema de control está basado en el principio del diagrama PERT, con el proyecto dividido en subsecciones que, a su vez, se dividen en paquetes de actividades afines, cada uno de los cuales dispone de una red completa (según el método del camino crítico) desde el diseño hasta la aprobación. Desde luego, el trabajo de la CPRP de la OCP es un proceso continuado, que se extiende más allá de la supervisión y el control de aquellos pedidos de trabajo cubiertos por el contrato inicial.

Desarrollo del sistema

El calendario establecido en el contrato para el proyecto TXE4 se apoyaba en actividades realizadas en paralelo. Así pues, se planificó iniciar la fabricación del equipo del primer pedido, la nueva central de Rectory en Birming-

ham, antes de completar la puesta en servicio del prototipo instalado en STC (New Southgate). El programa de desarrollo del sistema para centrales Directoras se iniciaba con el comienzo de la ingeniería de diseño, en junio de 1971, y finalizaría con el término de las pruebas del sistema, en julio de 1973.

En marzo de 1971, a la recepción de una carta de propósito del BPO, se inició la formación de un grupo de diseño, con las funciones auxiliares necesarias para emprender el trabajo de desarrollo. De este modo, el referido grupo de diseño y funciones auxiliares estaban totalmente en funcionamiento a la conclusión de las negociaciones del contrato.

El nivel de diseño de la central TXE4 de Tudor se había estado probando en el servicio público, en el área directora de Londres, casi durante dos años. Teniendo en cuenta las nuevas exigencias formuladas por el BPO en septiembre de 1970 y el trabajo adicional de desarrollo que resultaba de la prueba de la central Tudor, se acordó que era necesario un prototipo grande del sistema, fielmente ajustado al primer pedido (Central de Rectory), con objeto de que sirviera de validación a las nuevas áreas de diseño y de medio de pruebas adecuado para modalidades operativas adicionales. Además, un prototipo de gran capacidad permitiría un enjuiciamiento más realista de las relaciones entre áreas funcionales, revelarían con mayor facilidad los problemas de interconexión y por medio de él podrían verificarse pruebas de transmisión más reales.

El prototipo instalado en STC se construyó de acuerdo con la información de fabricación, aplicándose a su instalación todas las técnicas concebidas para instalaciones reales, tales como cableado enchufable. La instalación fue realizada por la División de Instalaciones de STC con objeto de adquirir experiencia lo antes posible, dentro del ciclo del proyecto.

Durante el desarrollo del sistema el contrato exigía que diversas verificaciones y aprobaciones fueran realizadas por el BPO. En la fase de diseño había que presentar todos los diagramas de ingeniería (sistemas, circuitos, programas y realización mecánica) para recibir comentarios. En una etapa posterior todos estos diagramas, junto con otros dibujos de ingeniería, se presentaban para registro, que en parte consistía en una verificación de la conformidad de las normas aplicadas con el contrato. Asimismo el BPO podía requerir muestras de circuitos para verificar teóricamente y en laboratorio la práctica de diseño seguida. Todos los niveles de equipo, desde un módulo hasta un bastidor totalmente alambrado, se sometieron a un procedimiento provisional de aprobación de la práctica de equipo. Todos los componentes, con la descripción de su empleo, debían someterse a aprobación, así como todos los suministradores de componentes. La figura 2 expone las diversas verificaciones y evaluaciones efectuadas a través del período de desarrollo.

Dentro de STC se mantuvieron discusiones con los departamentos de ingeniería industrial, control de calidad y compras para asegurar que los ingenieros de diseño consideraban los requerimientos y procedimientos operacionales en todo su valor y que la información se distribuía en el formato correcto. Todos los diseños mecánicos y los trazados de placas de circuito impreso fueron revisados por

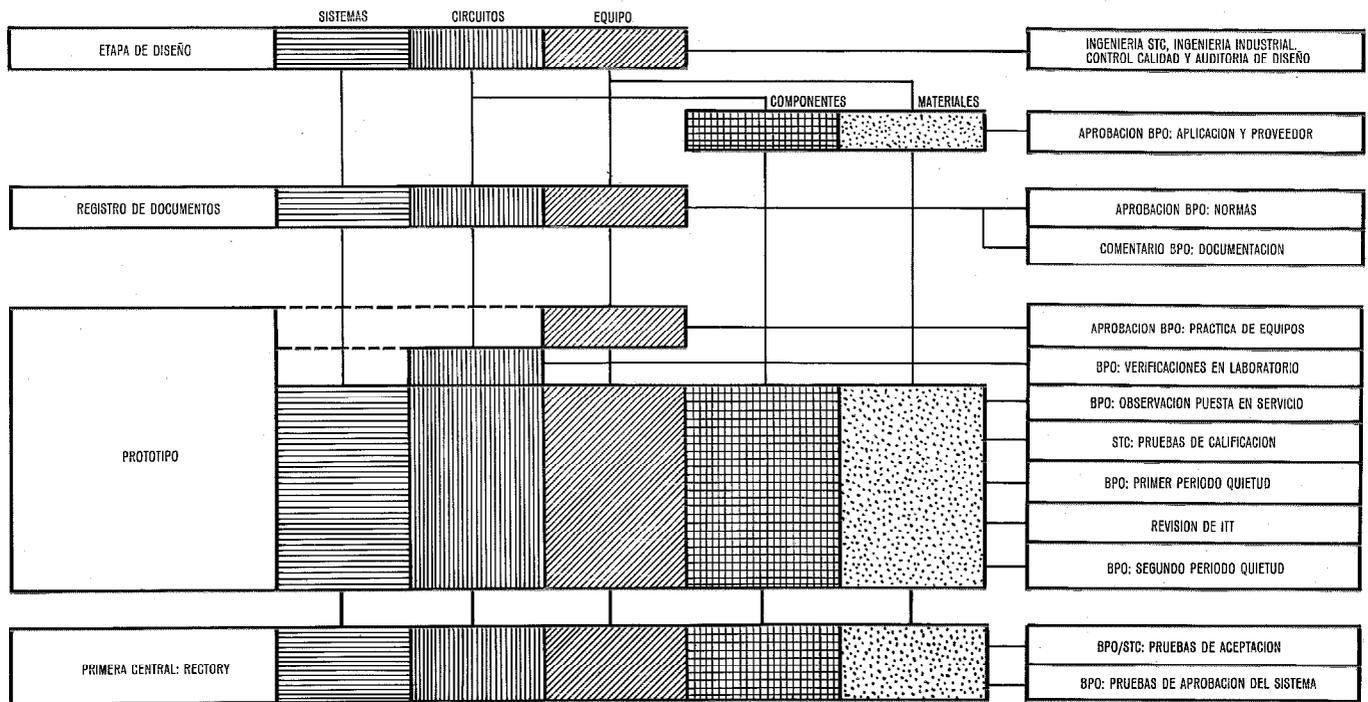


Fig. 2 Progreso de un desarrollo indicando las diversas etapas de aprobación.

ingeniería industrial y control de calidad antes de ser enviadas a los departamentos de fabricación.

El punto clave del plan de trabajo era la puesta en servicio del prototipo según un plan que detallaba el orden de trabajo en bastidores o unidades funcionales respecto a un extenso conjunto de pruebas. La planificación de todas las actividades relacionadas con la ingeniería y la fabricación del prototipo tuvo en cuenta dicho plan de puesta en servicio, el cual debería realizarse íntegramente aplicado a pedidos de trabajo, cuando llegara el momento, con las modificaciones apropiadas.

El trabajo de rediseño del sistema, unido con el rigor de las normas detallado en el contrato, exigió rehacer la ingeniería de todos los bastidores y unidades enchufables. La fabricación del equipo del prototipo empezó un mes antes de lo previsto, en enero de 1972, y se terminó en la fecha planificada. El adelanto en el comienzo conseguido por el departamento de fabricación permitió a los ingenieros de instalaciones comenzar con un mes de adelanto, lo cual a su vez hizo posible que la puesta en servicio del prototipo en STC se iniciara dos meses antes de lo planificado, finalizando a últimos de marzo de 1973, con un mes de retraso sobre lo previsto. A finales de enero empezó la prueba del sistema, con arreglo a un plan de pruebas concebido para averiguar y confirmar que se satisfacían todos los requerimientos y posibilidades exigidas en el contrato y se completó a finales de septiembre de 1973. Durante toda esta fase estuvo presente un observador del BPO, informándose de los resultados de las pruebas.

En octubre se puso a la disposición del departamento de desarrollo del BPO el prototipo en New Southgate para realizar una primera serie de pruebas, durante las cuales se retiró todo el personal de desarrollo y de instalación, a

fin de reproducir con toda la fidelidad posible las condiciones normales de funcionamiento de la central. El objetivo principal de estas pruebas, llamadas de quietud, era el de apreciar la estabilidad de operación y facilidad de mantenimiento en aquella etapa del desarrollo.

En septiembre de 1972 se creó un equipo de pruebas de calificación, realizándose dichas pruebas en el prototipo durante 1973. Posteriores e independientes evaluaciones arrojaron resultados totalmente satisfactorios, siendo la primera de ellas en octubre de 1974, cuando un equipo de ITT evaluó de modo crítico y objetivo el prototipo del sistema TXE4, y la segunda en enero/febrero 1975 cuando el departamento de desarrollo del BPO realizó una segunda serie de pruebas de quietud. Con ello se concluyeron las pruebas del prototipo TXE4 en la modalidad Directora. Durante 1974 se probó totalmente con buen resultado el sistema TXE4 en modalidad No-Directora y como ampliación de sistemas paso a paso.

Pedidos

El contrato obligaba al BPO al cumplimiento de un programa trienal, dentro del cual se cursaron los siguientes pedidos:

- 1971 - 5 centrales con 35373 líneas en total
- 1972 - 3 centrales con 38180 líneas en total
- 1973 - 10 centrales con 60937 líneas en total.

En los primeros tiempos del proyecto se decidió que la ingeniería de desarrollo asumiría la responsabilidad de preparar la puesta en servicio, la aceptación y la obtención de la aprobación del sistema, para lo cual dicha ingeniería habría de tomar parte muy activa en seis de los anteriores pedidos. Uno de éstos fue el primer pedido, la central Rec-

Control del desarrollo del TXE4

tory, situada en las afueras de Birmingham pero perteneciente sin embargo al área directora de dicha ciudad.

Primer pedido – Central de Rectory

El equipo de Rectory se componía de:

- bastidores electrónicos
23 códigos, con un total de 46 bastidores
- unidades enchufables
679 códigos, con un total de 6642 unidades
- paneles de mantenimiento
26 códigos, con un total de 52 paneles

La preparación de la puesta en servicio se inició, de acuerdo con lo planificado, en agosto de 1973, con dos ingenieros del laboratorio de sistemas que adquirieron experiencia de pruebas y puesta en servicio en el prototipo TXE4; en enero de 1974 el equipo se amplió a seis, siendo su jefe el ingeniero que había dirigido las pruebas del prototipo. Al equipo se añadieron 12 ingenieros más, en plan de entrenamiento.

Durante la puesta en servicio y las pruebas del prototipo del sistema en STC, se generaron comentarios sobre aspectos del diseño, posibles revisiones del diseño y otras materias. El BPO generó asimismo comentarios sobre las actividades de registro y aprobación, y también lo hizo el equipo de puesta en servicio en la instalación de Rectory. El BPO llegó incluso a remitir una lista de 33 comentarios sobre el diseño, que cuestionaban el cumplimiento del contrato, la seguridad del sistema y las alarmas. Puede apreciarse, por consiguiente, que el diseño estaba lejos de ser definitivo y que siempre existía posibilidad de modificación. Esta situación sin embargo, se había considerado probable desde los comienzos del proyecto, creándose en abril de 1972 una junta de control de configuración (JCC) sin cuya autorización no podía acometerse ningún cambio, ni siquiera pequeño, en cualquier faceta de la ingeniería. Originalmente sólo existía una JCC, que incorporaba representantes de ingeniería y de fabricación. Más tarde se hizo conveniente disponer de dos juntas, una de ingeniería y otra de estructura principal; en la segunda estaban representadas las funciones de fabricación. Un secretario compartido y un representante de ingeniería servían de enlace entre dichas juntas. Todos los cambios autorizados por la JCC de ingeniería eran examinados por la JCC de estructura principal.

En julio de 1974 la puesta en servicio alcanzó el nivel suficiente para permitir iniciar la prueba conjunta de aceptación (PCA). La PCA comprende un programa de pruebas acordadas entre STC y el BPO, cuya ejecución compete a STC y la observación al BPO. Los resultados de las pruebas de puesta en servicio están a la disposición del BPO y, junto con la observación de la PCA, pretende demostrar que el sistema ha llegado a un nivel capaz de merecer la aceptación final. La PCA avanzó de tal modo que al final del año se había completado el 70%, descubriéndose algunos problemas en el diseño. Estos problemas se presentaron ante el CPRP, donde se acordó que se revisara el programa para incorporar los cambios necesarios. La PCA continuaría en todo lo que fuera posible, aunque algunas repeticiones de pruebas serían inevitables por los cambios.

Al completarse la PCA el sistema sería devuelto a STC para efectuar pruebas intensivas con llamadas generadas automáticamente, antes de ofrecer el sistema a su aceptación final en el mes de julio. El sistema se presentó a aceptación final una semana antes de la prevista en el plan revisado.

Las condiciones de aceptación final se definen en el contrato general; una de dichas condiciones establece que se logrará la aceptación si en un programa de 20 000 llamadas, definidas en contrato por el BPO, no se producen más de 54 fallos analizados. Este programa de prueba está organizado de tal modo que las 20 000 llamadas equivalen a 35 000 llamadas de abonado. La prueba de aceptación final de la central de Rectory se completó satisfactoriamente en el 29 de julio de 1975, habiéndose registrado 9 faltas analizadas. El retraso con respecto al programa contractual establecido en marzo de 1971 fue de 7 meses.

Durante la puesta en servicio y las pruebas en la central de Rectory, se generaron 1124 comentarios en la instalación, 296 de los cuales afectaban al diseño.

Aprobación final del sistema

La aprobación final del sistema representado por la central de Rectory se inició en septiembre de 1975.

El plan de pruebas para dicha aprobación final fue preparado por el departamento de desarrollo del BPO, lo cual cumplía con las condiciones impuestas en el contrato. Fue presentado a STC, que tendría oportunidad de señalar cualquier desviación sobre el acuerdo original. La finalidad de las pruebas era la de comprobar que el equipo suministrado se adaptaba a las especificaciones acordadas. Las pruebas en cuestión constan de dos partes: la primera parte se realiza antes de poner la central en servicio, y la segunda consiste en observar el equipo en servicio y realizar seguidamente nuevas pruebas mientras permanece en esta condición.

La primera parte constaba de 487 pruebas, que estaban diseñadas para constatar los resultados operativos del sistema, su seguridad y facilidad de mantenimiento, cubriendo asimismo el comportamiento del sistema en condiciones ambientales extremas y sometido a operaciones erróneas, tanto de abonados como de personal de mantenimiento. También se dedicó una sección a los equipos de mantenimiento; cualquier fallo ocurrido durante este período de prueba provocó un mensaje de falta, imprimiéndose 191 mensajes que exigieran atención, 34 de los cuales reclamaron algún trabajo de diseño y ocasionaron pequeños cambios en circuitos, tras de lo cual se volvió a realizar la prueba. La evaluación final consistió en someter de nuevo la central a llamadas generadas automáticamente, lo cual fue esta vez llevado a cabo por el BPO con resultado satisfactorio. En consecuencia se declaró que la central era apta para entrar en servicio.

Otra condición para la aprobación de un sistema es que toda la documentación necesaria esté disponible junto a la central, al mismo nivel técnico que el equipo instalado, incluyendo los manuales y la dotación de instrumentos de pruebas para mantenimiento. Se realizó una auditoría del equipo correspondiente, según la realidad y la documentación. Habiéndose cumplido satisfactoriamente estas con-

diciones, la central de Rectory fue puesta en servicio público el 28 de febrero de 1976.

Las pruebas de aprobación a realizar con la central en servicio abarcan la transmisión, registro del tráfico, pruebas adicionales con el instrumental de mantenimiento y evaluación de la práctica de equipo.

La operación del sistema en servicio público ha arrojado hasta la fecha resultados muy satisfactorios. Hasta el momento de escribir este artículo (julio de 1976) no ha surgido ningún fallo que ocasione pérdida de servicio a un número importante de abonados.

Referencia

- [1] E. Davis: Management of the TXE4 Electronic Exchange Project; Post Office Electrical Engineers' Journal. Enero 1973, volumen 65, parte 4, págs. 247-250.

S. G. W. Johnstone nació en Bridgnorth, Inglaterra, en 1920. Obtuvo un Higher National Certificate en comunicaciones en la Politécnica de Northampton, Londres (hoy Universidad de la ciudad).

Entró en STC como aprendiz en 1938. Ha participado en la mayor parte del desarrollo de conmutación electrónica auspiciado por el programa conjunto de investigación del British Post Office y la industria. Actualmente es responsable del ulterior desarrollo del sistema TXE4.

Red de conmutación TXE4

La red de conmutación TXE4 es de tipo replegado y aplicación generalizada, siendo fácilmente ampliable sin reestructuración del cableado y ofreciendo una gran flexibilidad en su utilización. El empleo de las técnicas de conexión secuencial en serie permite obtener el máximo provecho de las ventajas del control por programa. Los puntos de cruce con relés de contactos sellados facilitan la aplicación del sistema tanto a las redes de telecomunicación existentes como a aquellas que están en desarrollo.

G. HARLAND

J. P. RONAYNE

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

Introducción

Desde los comienzos de la labor de desarrollo que condujo al TXE4, la concepción básica del sistema descansó sobre una red de conmutación de relés de contactos sellados ("reed") controlada electrónicamente. A partir de ese punto el sistema ha evolucionado como un conjunto integral, siendo cada parte del mismo un complemento adecuado de las restantes. Por otro lado, el desarrollo ha pretendido dotar al sistema de gran capacidad de evolución. El resultado es un diseño de la red de conmutación que es particularmente apropiado al control íntegramente electrónico por ordenador y que posee asimismo una excelente capacidad de desarrollo autónomo.

Se han considerado especialmente la flexibilidad y la capacidad de extensión en el diseño de la red de conmutación TXE4. Su ámbito de aplicación se extiende desde unos 100 E hasta 10.000 E, siendo posible el crecimiento dentro de este margen sin modificaciones de cableado ni otras acciones que pudieran afectar desfavorablemente al servicio que se presta a los abonados existentes. El tráfico originado por línea de abonado puede variar entre menos de 0,02 E y más de 0,3 E, y la carga por enlace admite un margen de variación de similar amplitud. El dimensionamiento de la red de conmutación puede acomodarse a una extensa gama de configuraciones de distribución de tráfico y satisfacer la diversidad de especificaciones de grado de servicio que se encuentran en las distintas aplicaciones y mercados. Como primera aplicación, la red de conmutación se diseñó para ser utilizada en centrales locales; por su misma constitución es, sin embargo, apta para cursar tráfico de tránsito en proporciones de hasta el 100%, por lo cual puede emplearse en centrales interurbanas y aplicaciones mixtas de local-interurbano.

La flexibilidad que proporciona la utilización del control por programas almacenados, puede alcanzarse plenamente en el sistema TXE4 mediante el empleo de una red de conmutación cuya aplicación es lo suficientemente generalizada para facilitar la interconexión entre los órganos periféricos de la red y las líneas y los enlaces de todos los modos deseables.

Descripción de la red de conmutación

Generalidades

La red de conmutación TXE4 es una configuración de aplicación generalizada en la que cualquier línea de abonado, enlace, registrador, circuito de tonos u otro órgano periférico, puede conectarse a cualquier otro siguiendo un procedimiento normalizado de conexión de caminos. Esta función rutinaria de interrogación y marcación implica

unos circuitos relativamente sencillos, con lo cual se reserva la capacidad de tratamiento de las unidades principales de control (UPC) para funciones más apropiadas, como son las de análisis de las cifras marcadas (y de otros datos) y su interpretación como secuencia de caminos a establecer a través de la red de conmutación.

A fin de poder conectar líneas de abonado, enlaces, u otros terminales en la proporción que se desee, y evitar la doble aparición de los circuitos bidireccionales, se ha adoptado la estructura replegada o de aparición única en la red de conmutación TXE4. Todas las terminaciones de la red aparecen en el mismo lado, según se ve en el diagrama de conexiones general (Fig. 1). Las unidades de conmutación, de determinada capacidad nominal de tráfico, se componen de las etapas de conmutación *A*, *B* y *C*. Un máximo de 48 de estas unidades de conmutación pueden interconectarse por medio de la etapa *D*, ampliable y común a toda la central, a través de la cual el tráfico se repliega de modo que cualquier conexión a través de la red utiliza un punto de cruce en cada una de las siete etapas *A-B-C-D-C-B-A*.

Distintos elementos de conmutación *A* se han previsto, en la proporción que se desee, para terminaciones de línea de abonado, de enlaces, u otras. Esto facilita grandemente el satisfacer los requerimientos de grado de servicio asociados a los diferentes tipos de conexiones, al tiempo que simplifica la relación con los órganos que correspondan del equipo de control. Los elementos *A* de concentración variable, cubren un margen muy amplio de tráfico originado por abonados.

En las mallas *C-D*, a un lado solamente de los elementos de conmutación *D*, se han previsto dos tipos de circuito de conexión, en proporción variable según se requiera. Para conexiones que terminan en abonados llamados se utilizan circuitos con puente de alimentación y supervisión, mientras que los circuitos sencillos de conexión metálica realizan la retención de los puntos de cruce en todos los otros tipos de conexión.

La utilización de puntos de cruce con contactos metálicos sellados (relés "reed") permite que el sistema pueda operar en la red actual de líneas de abonado y de enlaces, sin temor a las altas tensiones presentes. Las condiciones de adaptación a línea proporcionadas por los diversos circuitos de supervisión siguen estrechamente la práctica establecida, y la calidad de la transmisión viene determinada en gran medida por las características de estos circuitos de supervisión. Por todo ello, la introducción de centrales TXE4 en una red no afecta el plan total de transmisión de la misma. Hay que tener además en cuenta que la configuración geométrica de las matrices de relés de contactos se-

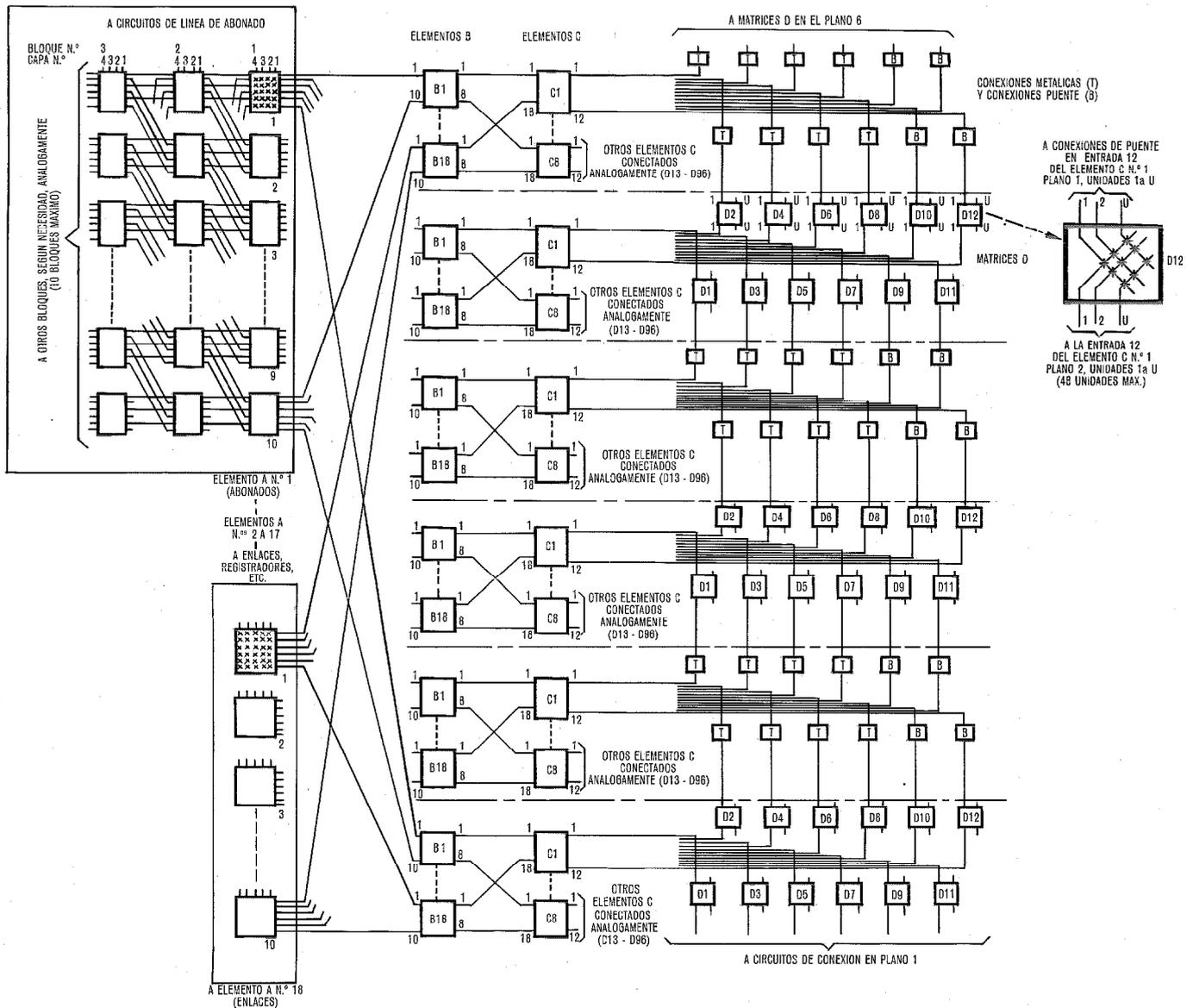


Fig. 1 Diagrama general de conexiones de la red de conmutación TXE4, donde se aprecia la estructura plegada o de aparición única.

llados proporciona una sensible mejora en cuanto a la diafonía sobre los sistemas de conmutación electromecánica existentes, y que la utilización de contactos sellados permite esperar una gran reducción en el nivel de ruidos.

La etapa A de concentración variable

El elemento de conmutación A proporciona a cada abonado el acceso a 6 u 8 elementos de conmutación B. En la figura 1 se presenta la versión con accesibilidad de 6. Como vemos, está compuesto de matrices de puntos de cruce de tamaño 4 x 6. Diez de estas matrices constituyen un bloque de 40 líneas que da a los 10 grupos de 4 abonados, acceso a los 10 conjuntos de 6 mallas A-B que terminan en los mismos 6 elementos de conmutación B. Hasta 10 bloques de conmutación A (de 40 a 400 abonados) pueden conectarse a las mismas 60 mallas A-B, dependiendo del tráfico previsible por línea. La estructura de múltiple parcial merced a la cual varios bloques del elemento A comparten la utilización del mismo conjunto de mallas A-B, significa un compromiso entre los requerimientos de una mezcla de tráfico óptima y los de mayor sencillez en el control. La so-

lución es tal que no más de 4 abonados tienen acceso a las mismas 6 mallas A-B. Otros abonados tienen acceso a 3 de estas 6 mallas, pero comparten su acceso a 3 nuevas mallas con otros abonados distintos. La disposición adoptada en particular tiende a reducir al mínimo el efecto adverso de conexiones entre dos abonados del mismo elemento de conmutación A, que requerirían dos mallas A-B del mismo conjunto de seis.

El elemento A de conmutación de enlaces es, en realidad, un único bloque compuesto de 10 matrices de puntos de cruce independientes, que dan acceso a los mismos 6 (u 8) elementos de conmutación B a través de conjuntos separados de mallas A-B. Cada una de las matrices de conmutación pueden conectar hasta 6 (u 8) enlaces u otros periféricos de la red de conmutación, realizando así una función de expansión variable del tráfico.

Las subunidades de conmutación B-C

El diagrama general de enlaces (Fig. 1) indica que una unidad de conmutación TXE4 plenamente equipada consta de 18 elementos de conmutación A, los cuales pro-

porcionan a cada abonado o a cualquier otra terminación de la red, un punto de acceso único a cada una de cierto número (6 u 8) de subunidades de conmutación *B-C*. Cada subunidad está formada por 18 elementos *B* de 10×8 , que corresponden a los 18 elementos *A*. A su vez los elementos *B* están totalmente interconectados con 8 elementos *C* de 18×12 . Existe un camino único para acceder de una determinada terminación de la red de conmutación a una malla *C-D* escogida entre las 96 existentes en cada una de las seis u ocho subunidades. Esta característica, denominada a veces alineamiento de mallas, determina una conexión eficaz y de fácil control. Cualquier terminal de la red de conmutación puede ser identificado unívocamente por la salida de la matriz *D*, salida de la matriz *C*, salida de la matriz *B* y salida de la matriz *A*, tomando siempre como lado de salida de una matriz el que conduce a la línea de abonado o a otra terminación de la red.

La división de las etapas de conmutación *B-C* en subunidades permite que existan equipos de marcaje y de interrogación separados, lo cual hace innecesaria la duplicación de marcadores, ya que un fallo de marcador sólo produce un empeoramiento de la calidad de servicio ofrecido a los abonados que están conectados a la unidad de conmutación afectada. La posibilidad de pérdida total del servicio queda virtualmente eliminada. Además de controlar las matrices *A* y *C*, cada marcador está preparado para controlar los puntos de cruce apropiados de los elementos de conmutación *A* y *D*. Con objeto de reducir al mínimo los costes que origina la multiplicidad de marcadores, cada marcador puede atender las correspondientes subunidades hasta un máximo de cinco unidades de conmutación. Las subunidades que se corresponden en todas las unidades de conmutación, integran lo que se denomina un plano de conmutación. Esta división en secciones de la red de conmutación y de los marcadores, hace que la accesibilidad de la etapa *A* sea una opción de dimensionamiento, consiguiendo que se pueda atender con la máxima eficacia a una gran diversidad de configuraciones de tráfico. Se ha comprobado que las variantes de seis y ocho planos de la red de conmutación TXE4 cubren de manera económica la mayoría de aplicaciones.

Cada subunidad de conmutación de plano impar incorpora un máximo de 96 circuitos de conexión insertados en las mallas *C-D*, donde realizan funciones de acceso a los marcadores y de retención de puntos de cruce. La mitad de estos circuitos se conectan a través de matrices *D* a las entradas de las matrices *C* del plano inferior, mientras la otra mitad están conectadas al plano superior. El limitar la interconexión a planos adyacentes permite que el control sea sencillo, conservando una estructura de razonable eficacia. Toda comunicación a través de la red hace uso de un marcador de plano impar y de un marcador de plano par, con lo cual un marcador no es responsable, en ningún momento, más que del establecimiento de la mitad del camino de conexión.

La proporción de uno y otro tipo de circuito de conexión puede acomodarse al valor determinado por la mezcla de llamadas, cualquiera que sea éste. Los circuitos metálicos se utilizan para la mayoría de tipos de conexión y facilitan un paso a la corriente continua en el par de conversación; este paso puede hacerse una vez completado el ca-

mino de conexión, o bien a la recepción de una señal del registrador implicado en el establecimiento de la llamada. Los circuitos con puente de alimentación solamente se utilizan en conexiones que terminan en líneas de abonado, proporcionando el puente de transmisión y los detectores de bucle requeridos para la supervisión de la llamada, junto con los circuitos que aplican corriente y tono de llamadas y que hacen el corte de la corriente de llamada. Las funciones del puente son reversibles para obtener la máxima eficacia en la utilización de estos circuitos.

La etapa *D* de acceso entre unidades

Esta etapa realiza funciones sencillas de conmutación entre distintas unidades. Cuando está plenamente equipada consta de 288 matrices independientes, en la versión de seis planos, y de 384 para la versión de ocho planos. Cada matriz de conmutación proporciona acceso desde una determinada malla en cada una de las subunidades que constituyen un plano impar, a una entrada de idéntica numeración en la etapa *C* en cada una de las subunidades de un plano adyacente par. De esta manera, cada unidad de conmutación tiene acceso a cualquier otra unidad a través de todas las mallas *C-D* que tengan el tipo de circuito de conexión apropiado, sea cual fuere el número de unidades de conmutación equipadas. Así se mantiene la eficacia en el tráfico para todos los tamaños de la central, sin necesidad de redistribución de las mallas al hacer extensiones, siendo éstas posibles por la extensibilidad de las matrices *D*. Dichas matrices pueden ampliarse por grupos de 4 u 8 entradas (y salidas), hasta una capacidad máxima de 48×48 en centrales muy grandes. La extensión puede llevarse a cabo sin perturbar en manera alguna el servicio de los abonados existentes. Hay que hacer notar que ninguna ampliación requiere modificación de cableado entre las unidades, sino solamente añadir los cables y elementos de conmutación necesarios.

Aplicación de la red de conmutación

La elección de una red de aplicación generalizada en el sistema TXE4 evita la necesidad de unidades auxiliares de conmutación para conexión de registradores, enviados, etc. Estos órganos, así como los circuitos de tonos, de verificación de previo pago y todos los restantes periféricos de la red de conmutación, están terminados en elementos *A* de conmutación de enlaces (o posiblemente en elementos *A* de abonados) de la misma red general. Cualquier órgano periférico puede asociarse a cualquier línea de abonados, enlace u otro periférico a través de uno (o más) caminos de la red. Esto lleva al concepto de conexión en serie de caminos de la red, del cual se expone un ejemplo sencillo en la figura 2a, que presenta la disposición de caminos en una llamada saliente. La conexión en serie se analiza en el siguiente artículo sobre control del TXE4. El abonado llamante se conecta primeramente a un registrador, que recibirá los dígitos procedentes de disco o botonera. Cuando se han recibido dígitos suficientes para determinar el encaminamiento, el terminal emisor del registrador se conecta a un enlace saliente. Seguidamente se conectan el abonado llamante y el enlace de salida, pero el camino de transmisión queda interrumpido en el circuito de conexión metálico. Al completarse la señalización, se cierra el ca-

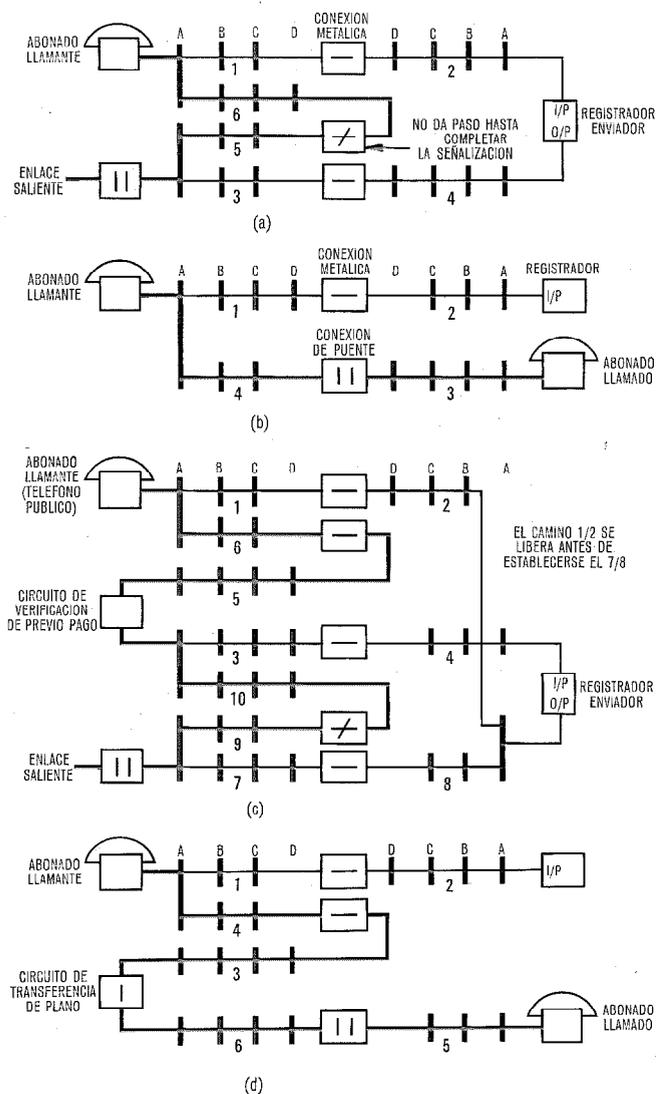


Fig. 2. Secuencias de conexión en serie en el sistema TXE4.
 a) llamada saliente
 b) llamada en la propia central
 c) llamada saliente de teléfono público
 d) llamada en la propia central con transferencia de plano.

mino de transmisión y las dos conexiones al registrador se liberan.

En la figura 2b se presenta la sencilla disposición de caminos en una llamada dentro de la propia central, que utiliza un circuito con alimentación en el camino final. La secuencia de conexión para una llamada entrante es similar. La figura 2c muestra una secuencia de conexión en serie más compleja, utilizada en una llamada desde teléfono público a enlace saliente. La conexión final comprende dos caminos completos, a fin de que el circuito de verificación del previo pago pueda estar asociado durante toda la llamada.

Para equalizar en lo posible los grados de servicio correspondientes a conexiones entre unidades, interiores a una unidad e interiores a un elemento de conmutación A, se han previsto sencillos circuitos periféricos de dos terminales, denominados de transferencia de plano. Cuando no pueden lograrse conexiones entre dos puntos por un camino directo, se intenta establecer la conexión a través de dos caminos separados por un circuito de transferencia de

plano, como se indica en la figura 2d. Estos circuitos ayudan también a mantener un grado de servicio bueno cuando ocurre un fallo de marcador.

Otra aplicación más de la estructura en serie de la conexión se examina en el artículo final sobre mantenimiento y fiabilidad, ya que métodos similares se utilizan para la ejecución de las pruebas de rutina. La estructura de la red y del control permite que los dispositivos de prueba tengan acceso desde una sola terminación de la red, en forma repetitiva, a cualquier circuito de conexión, enlace y terminación de registrador.

Consideraciones sobre tráfico

Capacidad de tráfico del sistema

La red de conmutación TXE4 se compone de unidades que tienen una capacidad nominal de tráfico determinada. Así por ejemplo, en las centrales pequeñas y en las que tienen escaso tráfico originado por abonado, se utilizan unidades de conmutación de 6 planos, cuya capacidad total de tráfico es de unos 340E. Las unidades de conmutación de 8 planos, si bien tienen una relación de puntos de cruce de la etapa A por abonado más elevada, admiten mayores cargas por malla, por lo que resultan más económicas cuando se utilizan en grandes centrales o en centrales con fuerte tráfico de abonados. La capacidad total de tráfico por unidad es entonces de 480E. Con el máximo de 48 unidades equipado, la capacidad de tráfico de la red alcanza un máximo superior a los 10.000E originados.

El diseño actual de la unidad principal de control, de las que puede equiparse un máximo de 20, permite atender hasta 36 registradores. Teniendo en cuenta que en algunas UPC hay que equipar comprobadores de rutina en lugar de registradores, la máxima dotación de registradores por central está entre 700 y 716, lo que da una capacidad máxima de tráfico de registradores de unos 550E. Basándonos en los tiempos de retención de registrador y de llamada que son normales en el Reino Unido, el número máximo de registradores limita la capacidad máxima de tráfico de la central a un valor situado entre 4000 y 5000E originados. Cuando se introduzca en el sistema la UPC de diseño TXE4A, la capacidad de tratamiento de tráfico proporcionada por los registradores podrá aumentar hasta los 10.000E originados.

Características de tratamiento del tráfico

El tratamiento del tráfico de una red de conmutación con conexión de mallas como la del sistema TXE4, está determinado por:

- configuración de caminos disponibles para cualquier conexión,
- carga de las mallas entre etapas,
- distribución de los estados de ocupación de mallas.

La configuración de caminos disponibles para una conexión punto a punto entre unidades se expone en la figura 3, denominada a veces grafo de canal. Este grafo de canal, así como los de conexiones internas a la unidad y punto a grupo, no está afectado por el tamaño de la central aparte de las evidentes diferencias existentes entre las configuraciones de 6 y de 8 planos. La etapa A proporciona concentración o expansión del tráfico, obteniéndose cargas de

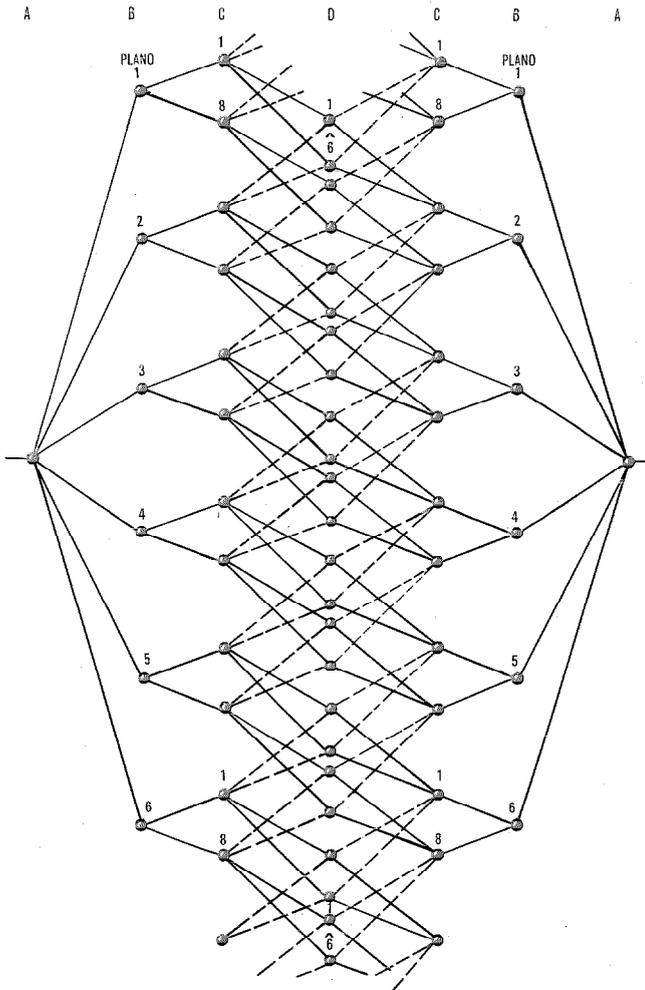


Fig. 3 Grafo de canal para conexión punto a punto entre unidades.

unos 0,3E para las mallas A-B, valor relativamente bajo que permite un buen comportamiento punto a grupo y minimiza el retraso del tono de marcar. La etapa B proporciona una concentración de tráfico relativamente pequeña, mientras que la etapa C concentra aún más el tráfico para facilitar cargas eficaces de unos 0,6E en los circuitos de conexión de alimentación y metálicos.

La interconexión parcial utilizada en el elemento de abonados A produce un tipo de congestión esencialmente independiente de la relación de concentración. La naturaleza invariable del grafo de canal asegura que el comportamiento en cuanto a congestión no depende sustancialmente del número de unidades de conmutación equipadas. Para las conexiones entre unidades, el comportamiento es algo mejor en las centrales pequeñas que en las grandes a causa de la mayor dependencia entre los estados de ocupación de las mallas a ambos lados de la matriz D. Sin embargo, este efecto tiende a ser compensado por la mayor proporción de conexiones internas a una unidad que resulta del pequeño número de unidades de conmutación. Las conexiones dentro de una unidad experimentan una probabilidad de congestión algo mayor que la media por el hecho de que las mallas C-D, y posiblemente otras, son comunes a ambas mitades del grafo de canal.

La única cantidad variable en el grafo de canal, aparte del número de planos, es el número de caminos C-D-C que

interconectan un par de matrices C. Las cargas de las mallas C-D deben escogerse de tal modo que aseguren que la congestión que sufre el tráfico ofrecido a un grupo de caminos C-D-C sea independiente del número de dichos caminos. Esto se puede conseguir sin afectar a la capacidad total de la unidad de conmutación, puesto que las pequeñas cargas presentes en un pequeño grupo de circuitos de puente, por ejemplo, están equilibradas por las mayores cargas posibles en los grandes grupos de circuitos de conexión metálica.

Dimensionamiento

El dimensionamiento de la red de conmutación TXE4, de aplicación generalizada, es un proceso sistemático, aunque basado en profundos estudios sobre el sofisticado sistema de conexión de mallas. Se escoge el número de planos de manera que se obtenga la configuración más económica, en función de la capacidad inicial y final de la central y del tráfico originado por abonado. Suponiendo establecidos los criterios funcionales, la capacidad de tráfico de una unidad de conmutación puede considerarse como fija y puede escogerse el número de elementos A de conmutación de abonados y de elementos A de enlaces para que puedan cursar los volúmenes totales de tráfico respectivos. El número de bloques de 40 líneas por elemento A de abonados se determina de acuerdo con el tráfico medio por línea.

La figura 4 muestra esquemáticamente una unidad de conmutación con vistas al dimensionamiento. Los flujos de tráfico de abonado y de enlaces están separados en las etapas A y B, combinándose en la etapa C. Más allá de la etapa C la división se hace entre el tráfico de conexión metálica y tráfico de conexión con alimentación. Normalmente las llamadas salientes constituyen la mayor utilización de la conexión metálica, dimensionándose estos circuitos de acuerdo con el grado de servicio requerido en las llamadas salientes. La cantidad de circuitos con alimentación se determina normalmente con objeto de satisfacer el requerimiento de grado de servicio aplicado a las otras clases principales de llamada, tales como las entrantes. Las llamadas dentro de la propia central, así como las demás que utilizan circuitos con alimentación, sufren una probabilidad de congestión ligeramente mayor que las llamadas entrantes, a causa de la concentración de tráfico a ambos extremos de la conexión, lo cual satisface los requerimientos normales. Las llamadas en tránsito utilizan circuitos de

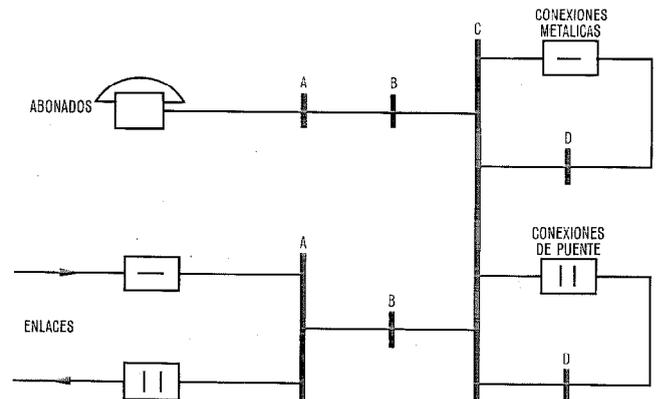


Fig. 4 Esquema de dimensionamiento de la red de conmutación TXE4.

conexión metálica y sufren, como se requiere normalmente, probabilidades de congestión menores que las llamadas salientes. Cuando sea necesario pueden ajustarse los grados de servicio, haciendo diferentes las cargas sobre malla A-B de abonados a las cargas sobre malla A-B de enlaces.

Las cantidades de registradores pueden determinarse para adaptarse a los requerimientos de retraso de preselección o de pérdida, haciendo uso de tablas o curvas sencillas de accesibilidad total. El efecto de la red de conmutación y de la agrupación de registradores en la unidad principal de control es generalmente pequeño, pero puede fácilmente tenerse en cuenta si es preciso.

Los elementos C de las unidades de conmutación existentes y las matrices D del tamaño adecuado están, generalmente, totalmente equipados, mientras que los elementos A y B pueden estar subequipados en una o varias unidades de conmutación, si así se requiere para atender las cantidades totales de tráfico. La figura 5 representa orgánicamente los procedimientos utilizados para dimensionar centrales TXE4.

Potencial de desarrollo

El sistema de conmutación TXE4 ha perseguido, en su desarrollo, la satisfacción de los requerimientos de centrales locales con o sin tráfico de tránsito. El diseño de la red de conmutación permite que ésta funcione eficazmente como pura central de tránsito, simplemente equipando las unidades con elementos A de enlace únicamente. No se necesitarían circuitos con alimentación. Las unidades de conmutación pueden ser a cuatro hilos, para que el sistema realice la función de tránsito de enlaces.

La sencilla naturaleza modular de la red de conmutación, siendo la etapa D la única que sufre ampliación en caso de extensiones, facilita el desarrollo mediante la introducción de unidades de conmutación que utilicen una nueva tecnología. Por ejemplo, pueden añadirse unidades de conmutación digital para la conexión con enlaces de datos, manteniendo las unidades de conmutación de relés "reed" para la conexión de abonados.

Los circuitos de supervisión actualmente incorporados al sistema TXE4 responden a la consecución de una explotación económica en las redes existentes. La naturaleza diáfana y la universalidad de aplicación de la red de relés "reed" TXE4 permite una adaptación fácil y económica a

los cambiantes requerimientos de la red, mediante la introducción de nuevos tipos de periféricos de la red de conmutación. El empleo de circuitos con alimentación centralizados pretende producir la configuración más económica en redes de enlaces cuyo sistema de señalización predominante sea la decimal. El cambio a otros tipos de señalización entre centrales, en particular la señalización por un canal común, podría determinar que toda la supervisión se realizara en la periferia de la red de conmutación. La actual estructura de la red de conmutación permite que esta transición tenga lugar sin pérdida de la eficiencia.

Conclusiones

El desarrollo de la red de conmutación TXE4 se emprendió sin demasiada sujeción a los sistemas existentes. Por ello el desarrollo partió de principios básicos más que de modificación de ideas anteriores. Mirando hacia el pasado, el resultado ha demostrado ser eminentemente apropiado para un sistema de conmutación controlado por ordenador que está orientado hacia el futuro, más que una continuación del pasado.

Es quizá significativo que los desarrollos ulteriores aludidos en el apartado anterior no suponen alteraciones radicales de la red de conmutación. Mientras que la conmutación por división espacial siga empleándose, parecen existir pocas posibilidades de perfeccionamiento. Por otra parte, la conmutación por división temporal requerirá una red totalmente diferente, aunque todavía capaz de integración en una central TXE4.

El diseño de un sistema de conmutación telefónica ha sido siempre una especialidad con cierto misterio, dentro de la ingeniería de diseño, que ha producido sólo unos pocos ejemplos de concepción diferente pero lograda. El sistema TXE4 puede, sin embargo, con pleno merecimiento, reclamar ahora la inclusión en este distinguido grupo.

Geoff Harland nació en el norte de Inglaterra en 1936. Después de algunos años de prácticas en el British Post Office, principalmente en sistemas de transmisión por línea, estudió en la Universidad de Aston en Birmingham, en donde obtuvo el grado de BSc en ingeniería eléctrica en 1965. Al año siguiente ingresó en STC, Londres, donde ha participado en el desarrollo del sistema de conmutación TXE4.

Tras de haber creado un equipo para estudiar cuestiones de tráfico en sistemas de conmutación, volvió a la Universidad de Aston en 1971 para obtener el grado de MSc en tecnología de telecomunicación. Desde entonces ha sido responsable de estudios de sistemas relacionados con el desarrollo de la conmutación en el futuro.

John Ronayne entró en STC en 1954 y volvió allí después del Servicio Nacional en REMÉ. Obtuvo el grado de BSc en ingeniería en la Universidad de Londres después de seguir un curso de estudio con dedicación parcial en el Northampton Polytechnic de Londres (hoy City University). Su trabajo en diseño de conmutación ha incluido contribuciones a sistemas de señalización de línea, sistemas telegráficos y de centrales telefónicas públicas y privadas.

Después de pasar cierto período dedicado a funciones de marketing, desempeñó un papel principal en el diseño y puesta en servicio de un sistema de cómputo electrónico. Durante los últimos 10 años ha estado estrechamente asociado con el proyecto de desarrollo del TXE4 como jefe del equipo de diseño del sistema, en negociaciones sobre el contrato con el British Post Office, y más recientemente controlando un grupo separado dentro de STC, que se dedica al control y suministro de información TXE4 a los demás fabricantes.

En la actualidad dirige la calificación de ingeniería de todos los principales productos de conmutación de centrales en la compañía.

El Sr. Ronayne es miembro de la Institution of Electrical Engineers.

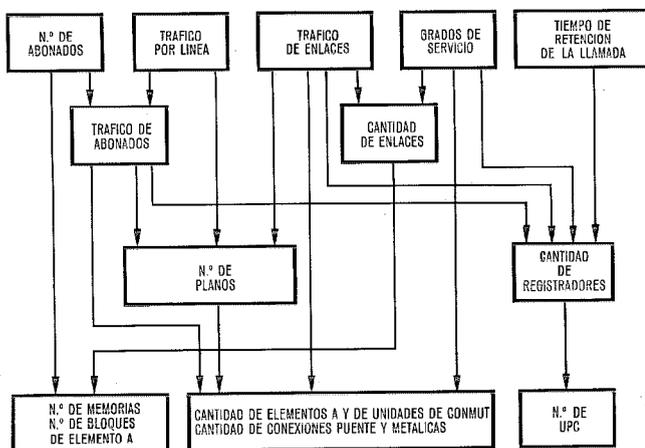


Fig. 5 Procedimiento para dimensionar centrales TXE4.

Equipo de control TXE4

El equipo de control del TXE4 consta de muchos sectores funcionales que se combinan para proporcionar las características de establecimiento de llamadas y flexibilidad de encaminamiento requeridas en la red local de Gran Bretaña. Cuatro sectores principales de control cubren las grandes fases del tratamiento de llamadas.

R. E. EDWARDS
 P. J. HINER
 K. PIPER
 Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

Introducción

En la figura 1 se exponen los cuatro sectores principales que participan en las funciones de control de la central TXE4, juntamente con los caminos para intercambio de información.

Los armarios de memorias cíclicas constituyen el principal almacenamiento de datos del sistema y contienen los circuitos de exploración de líneas, enlaces y otros periféricos. Los datos fijos y los resultados de la exploración son señalizados a la unidad principal de control (UPC) sucesivamente para cada periférico, es decir, en orden cíclico. En la UPC radica el gobierno total del establecimiento de las conexiones. A través de sus registros, la UPC recibe información de la terminación que llama, determina el destino requerido y emite instrucciones para hacer las conexiones apropiadas en la red de conmutación.

Los marcadores-interrogadores actúan como controladores de adaptación a la red de conmutación, desempeñando las funciones de búsqueda y establecimiento de caminos en las subunidades individuales de la red. La unidad supervisora de tratamiento (UST) proporciona control centralizado de los circuitos de supervisión asociados con el camino de conexión final, controlando por consiguiente el envío de señal de llamada, la tarificación y la liberación de la mayoría de las llamadas.

Esta estructura funcional aporta como característica particularmente valiosa el que los diferentes bloques que la componen están condicionados por parámetros del tráfico de la central en gran manera independientes entre sí. Así pues, los armarios de memoria cíclica están dimensionados

Tabla de abreviaturas

MMHT	- memoria miniatura de hilos trenzados
NSP	- número serial de posición
UPC	- unidad principal de control
UST	- unidad supervisora de tratamiento

por el número de terminaciones de la central y no por el tráfico que éstas aportan. Los armarios de la UPC y sus registros asociados están, por otra parte, relacionados con el tráfico real generado y por lo tanto su número depende del volumen de llamadas de la central. El marcador-interrogador participa también en el tratamiento de las llamadas que aparecen y consecuentemente viene dimensionado por el volumen de llamadas, aunque en este caso la íntima relación con la red de conversación exige que se tenga asimismo en cuenta el tiempo de duración de la llamada. La UST trata llamadas establecidas y por consiguiente su dimensionado responde principalmente a los requerimientos de duración de llamada. Una vez más, la relación con los circuitos en tratamiento impone alguna restricción sobre la plena utilización de la flexibilidad de equipo existente.

Además de la libertad de dimensionamiento del equipo de control, que permite ajustarse con fidelidad a los requerimientos particulares de cada central, las diferentes relaciones de los sectores de control descritos con el proceso de establecimiento de la llamada permiten que cada función puede realizarse de la manera más económica, en relación con las necesidades del sistema completo. Así, en las memorias cíclicas se requiere un almacenamiento masivo que debe ser seguro y fácil de cambiar por la administración telefónica. En la UPC el complejo proceso de decisión ha de ser fácilmente alterable para incorporar cambios de facilidades, mientras que el almacenamiento se limita a datos transistorios de la llamada. La UST, como la memoria cíclica, requiere almacenamiento para cada circuito, pero no es necesario que sea accesible a la administración, siendo lógicamente necesaria una moderada complejidad.

Estas consideraciones y otras análogas han conducido a realizaciones lógicas y físicas muy diferentes de las diversas funciones de control en el estado actual del desarrollo. El desarrollo futuro explotará el perfeccionamiento técnico sin afectar a las limitaciones naturales del sistema.

Según se desprende de lo que antecede, las funciones de control del TXE4 están distribuidas. En una central de capacidad máxima, pueden equiparse hasta 84 memorias cíclicas, 20 unidades principales de control y 40 UST. Esta distribución de las funciones de control y el carácter repetitivo de los armarios más importantes proporciona un alto

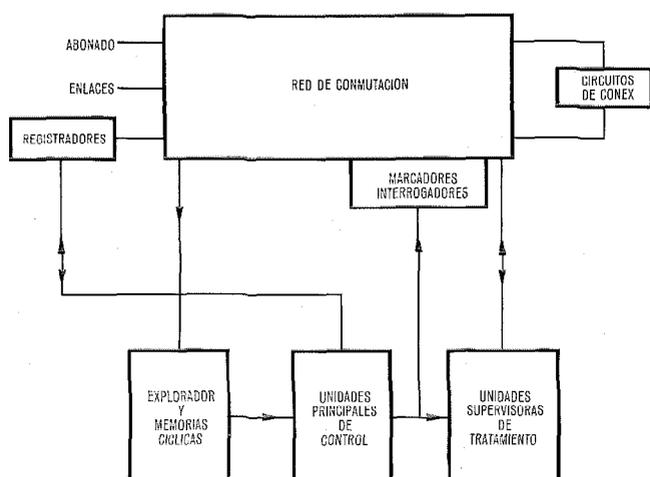


Fig. 1 Control TXE4, indicando las unidades que intervienen en las funciones de control y sus caminos de información.

grado de seguridad contra una amplia gama de fallos de la central, que se ve reforzada por la utilización, a través de todo el sistema, de códigos de datos de pronta verificación para facilitar la detección y aislamiento de los circuitos afectados por fallo.

La mayoría de los datos cursados entre los bloques funcionales se refieren al estado de las terminaciones de la central. Puesto que todas las decisiones sobre dichos estados se toman teniendo en cuenta la situación de la red, que se aprecia a través de la memoria cíclica, interrogador o UST, es conveniente utilizar el número de equipo como dirección de referencia única en todos los puntos de la llamada, la cual contiene toda la información necesaria para localizar el terminal dentro de la red y en otros sectores. Esto lleva consigo un beneficio adicional, como es la gran normalización de la intercomunicación entre los sectores principales, de acuerdo con su contenido en información, lo cual facilita los futuros desarrollos.

Aunque la distribución de las funciones de control permite que la estructura del sistema sea muy tolerante a los fallos, debe pagarse el precio del grado de autocomprobación necesario para mantener el sistema en buen funcionamiento y aislar las partes afectadas por fallo. Como ya se ha mencionado, la codificación de los datos cursados entre unidades funcionales y en el interior de las mismas, permite una verificación sencilla a expensas de aumentar la capacidad de las vías de transmisión y de las memorias. La realización en los diversos sectores funcionales ha conseguido una seguridad considerable mediante duplicación interna, autocomprobación y decisiones por mayoría, de tal manera que se obtiene un alto grado de confianza en que las faltas importantes se detectarán y advertirán por alarma antes de que afecten gravemente al servicio de la central.

Memorias cíclicas

La función principal de una memoria cíclica es servir de almacenamiento común centralizado para datos característicos de la central, tales como los que describen las terminaciones de abonados y enlaces, esquemas de numeración y códigos de encaminamiento. La memoria es del tipo "sólo lectura" y el cambio de su contenido solamente puede hacerlo la administración explotadora. El problema de facilitar el acceso de todas las UPC a estos datos se resuelve difundiendo todos los datos a todas las UPC y dejando a éstas que realicen la función de búsqueda por sí mismas.

Como indica su nombre, la memoria cíclica trabaja continuamente en forma periódica, leyendo cada posición por turno. Al tiempo que el contenido de cada posición se difunde a las UPC, el estado de la terminación de central a que se refieren los datos se explora, difundándose asimismo a las UPC. El tiempo, relativamente largo, necesario para la extracción de datos, se reduce mediante el sencillo arreglo de dividir la memoria de datos en 3 zonas de almacenamiento de diferente tamaño. Las 3 zonas se exploran simultáneamente a la misma velocidad, resultando que sus ciclos son de duración diferente (12, 36 y 156 ms). De este modo el tiempo de acceso a la memoria puede adaptarse a requerimientos particulares (como ejemplo, los enlaces entrantes son explorados cada 12 ms y las líneas de abonado cada 156 ms).

Los datos almacenados en la memoria cíclica incluyen indicaciones de servicio, números de guía para abonados y números de equipo (punto de conexión a la central). Se puede acceder a estos datos mediante direccionamiento parcial del contenido, así que, por ejemplo, un número de guía puede servir de clave para encontrar las indicaciones de servicio y número de equipo asociados. Análogamente los códigos de encaminamiento de enlaces y las traducciones de prefijos pueden encontrarse utilizando como clave de acceso las cifras marcadas. Esta función de búsqueda a través de los datos es realizada por equipo de comparación dentro de cada UPC.

La capacidad de memoria cíclica requerida depende del número de terminaciones de la central y de la cantidad de otras informaciones que deben ser almacenadas, como códigos de encaminamiento, por ejemplo. De acuerdo con ello, la memoria está equipada en módulos, capaces de atender a unas 500 líneas de abonado junto con 200 enlaces y otras terminaciones de la central, pudiendo añadirse los módulos que sean necesarios. Cada grupo de 12 módulos como máximo, opera independientemente y difunde sus datos de salida en paralelo con los demás grupos, haciendo necesario disponer del correspondiente equipo de comparación en la UPC, con el fin de no aumentar el tiempo de acceso a memoria. La repetición de la exploración y del direccionamiento se emplea dentro de la memoria cíclica para mantener la adecuada seguridad.

Unidades principales de control

Las UPC controlan todos los procesos de conexión de la llamada, extrayendo información de las memorias cíclicas y enviando instrucciones a los marcadores, los cuales desempeñan directamente las funciones de interrogación a la red y conexión de la llamada. Puede considerarse que una UPC se compone de tres sectores funcionales: el programa con su almacenamiento y lógica de control secuencial; puertas de entrada/salida para la comunicación con marcadores, registradores y otras partes del sistema, y equipo de comparación para realizar la búsqueda de datos en la memoria cíclica. El programa controla directamente todas las puertas de entrada/salida, pero el equipo de comparación se autocontrola, requiriendo solamente instrucciones iniciales que se cargan desde el programa.

El papel del registrador es servir de adaptación entre la red de conmutación y la UPC, haciendo que la mayor parte del control radique en la UPC antes que en la circuitería del registrador; funciones como la recepción de los dígitos marcados y su almacenamiento se realizan casi totalmente en la UPC, de modo centralizado.

Cada UPC puede controlar hasta 36 registradores, describiéndose posteriormente la estructura de programa que se utiliza para resolver el problema de controlar tan estrechamente 36 llamadas simultáneas. El tratamiento de los registradores no resulta ser, sin embargo, el factor crítico para determinar la ocupación de la UPC; consumen más tiempo las búsquedas de datos en las memorias, pese a que el equipo de comparación puede cargarse por programa y completar la búsqueda por sí mismo, sin más supervisión.

Puesto que las UPC y sus registradores se asocian a las llamadas solamente durante la fase inicial de la conexión, su dimensionado no está determinado por el tiempo de du-

ración de la llamada ni por el número de terminaciones de la central, sino sencillamente por la cantidad de conexiones de llamadas requeridas.

Programa – Introducción

- El programa de la UPC tiene como funciones esenciales:
- recoger e interpretar los datos recibidos del llamante a través del registrador
 - verificar que la llamada es válida
 - reunir otros datos necesarios para completar la llamada, como los dígitos de encaminamiento
 - controlar el establecimiento de la llamada.

También se llama al programa para proporcionar señales de cómputo de tráfico, para cotejar e iniciar mensajes de fallo en la red de conmutación, en la misma UPC, o en zonas de control con las cuales tenga comunicación directa, así como para controlar procesos de prueba de rutina automática. También existe un programa de autodiagnóstico que cubre las principales funciones lógicas responsables de la ejecución de sus instrucciones. La estructura del programa se presenta en la figura 2.

Soporte físico

El programa está físicamente soportado por una memoria miniatura de hilos trenzados (MMHT), dividida en 10 unidades enchufables de 500 palabras cada una. La MMHT proporciona un programa seguro que, sin embargo, no es rígido, siendo capaz de modificación para satisfacer las necesidades diferentes y variables que se presentan en las centrales. Las 5000 palabras de contenido del programa en cada UPC equivalen, de hecho, a un contenido mayor, ya que una parte se asigna a los programas de rutina y éstos se dispersan entre varias UPC, con lo que tanto sus requerimientos en tráfico como en extensión de programa se reducen para cada UPC.

Palabra del programa

La palabra consta de 8 dígitos decimales con comprobaciones de validez inherentes. Este gran tamaño, es decir, el

disponer de una palabra muy potente, compensa la velocidad relativamente lenta del programa (12 μ s por paso). Sus funciones comprenden:

- Designación de la siguiente palabra en el programa, ya que éste no está ordenado en una secuencia aritmética automática.
- Control del tratamiento de datos y de la lógica, como por ejemplo, “transferir datos a memoria de comparador”, “reponer lógica de exploración”, etc.
- Designación de las posiciones de almacenamiento y la acción que ha de realizarse en ellas, por ejemplo, “leer la memoria de ferrita principal n° 10”, etc.
- Generación de datos para comparar con los datos obtenidos por otros procedimientos, como sucede al comparar dígitos recibidos a códigos de la propia central.
- Generación de datos para su almacenamiento y utilización en el establecimiento de llamadas, tales como dígitos de encaminamiento para llamadas salientes.

En la tabla 1 se expone la estructura de la palabra del programa. La posición de la palabra viene identificada por 4 elementos; 3 de ellos están proporcionados normalmente por los primeros 3 dígitos de la palabra precedente, aunque uno de ellos o los tres puedan provenir de otras fuentes. De ello deriva la flexibilidad del programa, con un abanico considerable de posibilidades.

El 4° elemento de la dirección del programa, conocido como el “adelante”, puede obtenerse como respuesta automática a las instrucciones de control que constituyen la parte siguiente de la palabra, o puede hacerse depender de una amplia gama de lógica externa, tanto para su situación en el tiempo como para su valor. Esto último permite que el programa delegue las funciones de control de direccionamiento y de tiempo en elementos lógicos, por ejemplo, el registrador o la lógica de sincronización que proporciona el generador de impulsos.

Las instrucciones de control o básicas forman los dígitos 4° y 5°. El valor del primero de ellos puede afectar a la interpretación del segundo, de tal manera que éste puede en algunos casos ser el primer dígito de una lectura de datos, en la que se asocia a los últimos 3 dígitos de la palabra.

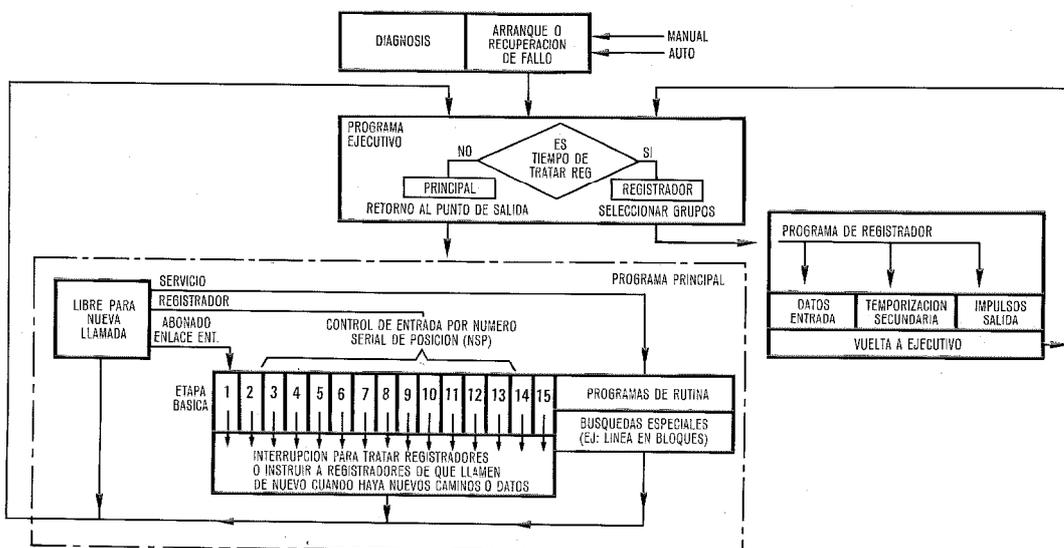


Fig. 2 Estructura de programa TXE4 que proporciona señales de cómputo de tráfico, tratamiento de pruebas automáticas de rutina, incluyendo programa de autodiagnóstico.

Tabla 1 - Estructuras de la palabra del programa

Estructuras alternativas	Dígitos decimales componentes							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Parte de la dirección de la siguiente palabra del programa			Instrucciones básicas que incluyen parte de la dirección de la siguiente palabra del programa		Instrucciones suplementarias de tratamiento programadas		
2	↓			↓		Instrucciones suplementarias de tratamiento no programadas		
3						Dirección de la posición del circuito actuado		
4				Datos de comparación generados por programa				
5				Datos operativos generados por programa				

Ejemplos de instrucciones de control son: "borrar contenido de memoria de transferencia", "comparar dígitos generados por programa con datos de memoria de transferencia", "dirigir dígitos 6° y 7° de la palabra al registrador y esperar respuesta".

Los dígitos finales de la palabra, del 6° al 8°, que como se indicó antes forman a veces parte de una lectura de datos, pueden otras veces ser dígitos de control lógico y utilizarse, por ejemplo, para iniciar señales de fallo de llamada hacia la lógica de cómputo de tráfico, o hacer que uno o más dígitos de la memoria de transferencia se utilicen como parte de la dirección de la palabra siguiente en el programa. También se emplean para designar una posición de almacenamiento de datos y la acción (lectura o escritura) a realizar sobre los mismos. Estos dígitos finales son asimismo los que sirven para fines de comparación en análisis como el de los códigos de la propia central, sin recurrir a la memoria cíclica.

Almacenamiento de datos

Los datos se almacenan, cuando no son manipulados activamente, en memoria de núcleos de ferrita de acceso aleatorio. Cada registrador tiene 80 dígitos decimales (400 bits en código 2 entre 5) de memoria asociados a él, y solamente puede accederse a estos dígitos cuando el registrador correspondiente es direccionado. Otros 220 dígitos decimales (1100 bits en código 2 entre 5) de memoria se utilizan para almacenamiento común, generalmente transitorio, denominándose memorias de ferrita principales. El contenido de las memorias se modifica, normalmente, en juegos de posiciones de 10 dígitos, si bien pueden manipularse dígitos individuales cuando es necesario.

Programa: Problemas de reparto de tiempo

La UPC tiene un cierto número de registradores asociados, de los cuales varios o la totalidad pueden estar simul-

táneamente en uso en diferentes momentos de la conexión de sus respectivas llamadas. El programa debe atender a todos estos registradores de acuerdo con sus necesidades, lo cual impone ciertas sujeciones, tanto en tiempo como en organización. Estas son las siguientes:

- necesidad de actualización exactamente sincronizada de los datos procedentes del llamante que entran a cada registrador;
- necesidad de envío con sincronización precisa de señales decimales a cada registrador conectado a un enlace saliente decimal;
- necesidad de temporizar con exactitud razonable períodos operacionales tales como pausas entre dígitos, procesos de establecimiento de llamadas, etc.;
- necesidad de compartir equipo común, servicios y accesos a unidades externas, tales como marcadores, memorias cíclicas, etc.

Por añadidura, han de tenerse en cuenta, como requisitos menos cuantificables, la necesidad de economía en la utilización del programa, la seguridad, flexibilidad, adaptabilidad y facilidad de introducción de nuevas características.

Programa: Tratamiento de registradores

Los compromisos en cuanto a tiempo se satisfacen escogiendo un elemento básico cuyos múltiplos cumplen con cada uno de los requerimientos individuales. Esta unidad es 8,33 ms y permite que se utilice un intervalo de 25 ms para sucesivas actualizaciones de los datos de entrada, 33,33 y 66,66 ms para los períodos de cierre y apertura, respectivamente, de los impulsos salientes, y 25 ms, 100 ms y un segundo para intervalos operacionales, temporizaciones, etc.

Para llevar a cabo este plan, las diversas operaciones del tratamiento periódico se separan en 3 fases del programa. La entrada a cada fase se controla mediante la división de los registradores en grupos, y organizando los controles de interrupción de tal manera que cada grupo haga pasar las fases de actualización de datos entrantes y de temporización secundaria cada 25 ms, y la fase de impulsos salientes dos veces cada 100 ms, a intervalos alternados de 33,33 y 66,66 ms, que corresponden a la relación ideal de 1:2 entre cierre y apertura, a la velocidad óptima de 10 impulsos por segundo.

La primera fase incluye la actualización de los datos de entrada del lado llamante, bien sean recibidas como señales decimales o de multifrecuencia, además de la normal supervisión del bucle llamante, para controlar desconexión, etc. La segunda fase (temporización secundaria) controla inicialmente la supervisión de los procesos de establecimiento de caminos, determinando el éxito o el fracaso de los intentos de construir caminos en la red, y conduciendo el programa a la etapa siguiente si la acción se completó, o bien repitiendo el intento o acometiendo una acción diferente, si el programa no cumplió su objetivo.

En el caso de una llamada no terminada localmente, al llegar a la señalización de salida, la segunda fase se enlaza con la tercera (envío de impulsos), de tal modo que cada 100 ms, e inmediatamente después de completarse cada impulso de salida, entra una parte del programa que con-

trola el cómputo de impulsos, selección de dígitos salientes, pausas entre dígitos salientes, etc.

Así pues, la secuencia completa de actividad periódica de tratamiento cubre un período de 100ms. Es evidente que cierto tratamiento periódico de los registradores debe realizarse a cada aparición de la señal de 8,33 ms, con objeto de distribuir el trabajo necesario lo más uniformemente posible. Con ello se evitan cambios excesivos de intervalo entre operaciones sucesivas sobre registradores tratados en los últimos lugares de su grupo.

Operaciones del programa principal

Muchas operaciones no son susceptibles de ejecución en los confines de los procesos de actualización de los registradores, bien sea por su excesiva longitud, por requerir el uso prolongado de equipo común, o por no llevar asociado ningún registrador. Ejemplos son el análisis de los códigos marcados — que puede ser de duración apreciable —, la búsqueda, es decir, la exploración de datos en la memoria cíclica y su comparación, mediante el comparador común principal, con los datos previamente reunidos, así como el agrupamiento y transmisión de datos de fallos. Todos estos procesos se verifican en las secuencias denominadas programa principal, las cuales están colocadas en aquellas porciones del período de 8,33 ms que no requieren para el tratamiento de actualizaciones de registradores; estas secuencias pueden ser interrumpidas si se detecta la señal de 8,33 ms mientras todavía están en ejecución. La entrada al programa principal se realiza cuasi-aleatoriamente, a menudo siguiendo una solicitud iniciada durante el período de tratamiento del registrador como, por ejemplo, a la recepción de la última cifra requerida para completar una llamada local.

Programa ejecutivo

El enlace entre el programa principal y el de tratamiento del registrador es la subrutina ejecutiva, cuya función es interrumpir el programa principal cuando se recibe la señal de 8,33 ms, y disponer la secuencia de operaciones de tratamiento de registradores. Cuando estas operaciones se hayan completado para los grupos en cuestión, la subrutina ejecutiva devuelve el programa al proceso que interrumpió. Dicho proceso puede ser una búsqueda continuada, ya sea de una nueva petición de entrada del programa principal por un registrador, o de una señal de haberse aceptado una nueva llamada a ser tratada por la UPC. Esta búsqueda tiene lugar si el programa principal no está ocupado en operaciones relativas a llamadas ya en tratamiento.

Etapas básicas

El programa principal está compuesto de módulos, que si bien no son enteramente independientes entre sí, constituyen etapas reconocibles del progreso de una llamada. Así la etapa básica 1 consiste esencialmente en el análisis de un nuevo terminal llamante para determinar el tipo de registrador a asociar; la etapa 2, en la selección de un registrador adecuado y en la iniciación de los procesos de establecimiento de caminos para conectar el lado llamante al registrador, y así sucesivamente. Antes de completar una etapa

cualquiera, se almacenan datos que indican cual es la siguiente etapa requerida cuando se hayan cumplido las condiciones fijadas en la etapa actual. Así por ejemplo, en la etapa básica 5, cuando se envía tono de marcar al lado llamante, se almacenan datos que indican que, al recibir los dígitos marcados que hagan posible el análisis, se hará entrar la etapa 6. Estos datos se denominan números seriales de posición (NSP).

El NSP constituye parte de la dirección de entrada a la etapa siguiente, a fin de que el programa periódico de registrador pueda completar la dirección mediante adición de uno o varios dígitos normalizados, llamados dígito-guía. El valor del dígito-guía varía con el buen o mal resultado y, dentro de este último, con las diferentes formas de fallo, como son el logro o fallo de un proceso de establecimiento de camino, temporización del bucle entrante o temporización de desconexión. De este modo el programa es dirigido a la etapa indicada por el NSP y, dentro de dicha etapa, es guiado a procesos de impresión de falta, nuevo intento, o a la etapa siguiente, según indique el dígito-guía.

Dimensionamiento de UPC

Hasta 20 UPC pueden repartirse la carga del tráfico de control de la central, funcionando cada una de ellas independientemente, es decir, controlando el grupo de registradores (36 como máximo) que tiene asignado, y pudiendo tratar cualquier tipo de llamada. El posible mal rendimiento inherente a esta disposición, se supera por medio de un distribuidor central, triplicado por razones de seguridad, que distribuye el tráfico según la disponibilidad de los registradores.

Interrogadores y marcadores

Los interrogadores y marcadores actúan bajo instrucciones detalladas de la UPC, en la búsqueda de un camino libre entre las terminaciones de central requeridas y después en el establecimiento de la conexión. Cada interrogador está asociado con una subunidad particular (un plano de una unidad de conmutación de la central); un marcador puede controlar hasta 5 interrogadores. Esta disposición permite la distribución de la función de control y, por el montaje de los interrogadores con el equipo de conmutación, reducir el cableado entre bastidores.

El marcador es un controlador alambreado, con un limitado campo de secuencias posibles. Los interrogadores no tienen control interno, actuando sencillamente como extensiones remotas del marcador. Cuando una UPC requiere el establecimiento de una conexión, señala a todos los marcadores de plano impar la identidad de la terminación de central situada a un extremo, y la identidad del otro extremo a todos los marcadores de plano par. Esta información, junto con el tipo de enlace requerido, basta para que los marcadores asociados con las correspondientes unidades de conmutación busquen caminos libres desde la periferia al centro de la central. Los marcadores de plano par transfieren la información de caminos libres a los marcadores de los planos adyacentes (impares). Estos últimos comparan la referida información con los resultados de la interrogación en sus propios planos, buscando una conexión completa entre las dos terminaciones señaladas. Cada

marcador de plano impar selecciona el mejor camino, siguiendo reglas sencillas diseñadas para utilizar la red de conmutación con la máxima eficacia, y transmite a la UPC la identidad de dicho camino. La UPC escoge la pareja de marcadores que ofrecen el mejor camino y les envía instrucciones para el establecimiento de la conexión deseada. Los otros marcadores se liberan y quedan disponibles para posteriores llamadas, mientras que la pareja seleccionada continúa con la secuencia de marcaje.

La figura 3 muestra la secuencia de interrogación en una central TXE4 de 6 planos. La simplicidad del proceso de interrogación es consecuencia de la organización de la red de conmutación, que permite determinar directamente los caminos disponibles dentro de la red a partir de los únicos números de equipo que identifican las terminaciones a conectar.

Los marcadores de plano impar juegan el papel principal durante la secuencia de marcaje. Operan relés auxiliares

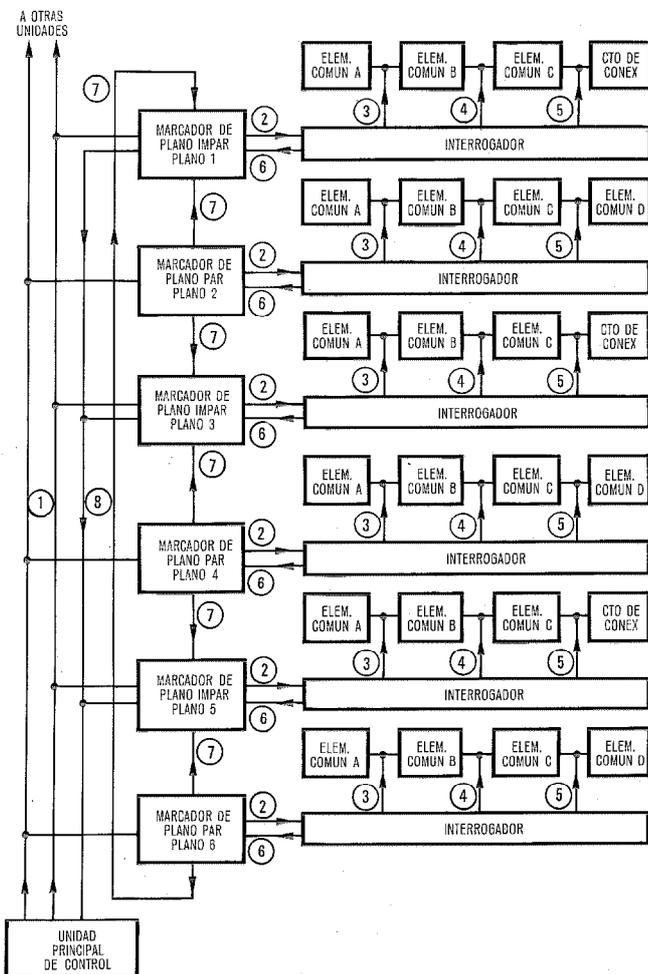


Fig. 3 Secuencia de interrogación en una central TXE4 de 6 planos. Su sencillez proviene de la estructura de la red de conmutación.

- 1 - números de equipo a los marcadores
- 2 - salida B pasada al interrogador para iniciar el ciclo
- 3 - salida B probada
- 4 - salida C probada
- 5 - entradas C probadas en secuencia
- 6 - caminos libres señalizados al marcador propio
- 7 - el marcador de plano par señala al marcador de plano impar caminos libres para comparación
- 8 - el marcador de plano impar señala camino libre completo a la UPC.

para acceder a los hilos de conversación y de control a ambos lados del circuito de conexión escogido, conectando seguidamente -90V a los hilos H. El marcaje del camino seleccionado lleva consigo la aplicación de -50V a las salidas requeridas en las matrices C, B y A sucesivamente, pasando cada matriz, al operar, los -90V a la etapa siguiente. El marcador de plano par aplica -50V a todas las salidas de la matriz D que den acceso a la unidad de plano impar apropiada, tras de lo cual el marcaje de C, B y A continúa como el plano impar. A continuación, el marcador impar realiza pruebas de ocupación y verificaciones de la continuidad de caminos, según las instrucciones que recibiera previamente de la UPC, y si todas las pruebas son positivas el marcador toma el circuito de conexión, completando así el camino. El registrador asociado con la conexión puede detectar esta acción e informar de ello a la UPC, merced a lo cual la UPC puede intervenir en caso de fallo en el camino e iniciar un mensaje de falta y un nuevo intento. La figura 4 presenta el proceso de marcaje para la conexión de un abonado a un enlace de salida. Todos los caminos en la red TXE4 se establecen sobre estas mismas bases.

La secuencia de marcaje dura normalmente unos 33 ms (comparada con menos de 1 ms para interrogación), si bien pueden utilizarse secuencias más largas para tipos especiales de conexión, cumpliendo órdenes de la UPC.

A causa de la gran autonomía concedida a los marcadores para actuar independientemente en la ejecución de las instrucciones de la UPC, se hace necesario disponer de equipo de verificación interna. En especial, el empleo del código 2 entre 5, seguido por una única comprobación de la ejecución de las instrucciones decodificadas, constituye una eficaz ayuda para la detección de fallos; asimismo el extendido empleo de verificaciones activas (en los casos donde se requiere una respuesta dinámica) reduce la probabilidad de fallos latentes en los propios circuitos de verificación. Dado que los marcadores están equipados por planos (es decir, por secciones de seguridad) de cada unidad de conmutación, un marcador puede ponerse a sí mismo fuera de servicio si detecta un fallo interno grave.

Unidades supervisoras de tratamiento

Las unidades supervisoras de tratamiento (UST) controlan las llamadas después de la fase inicial de establecimiento, por lo cual la velocidad de respuesta requerida es mucho menor. La cantidad de control que ejercen es además mucho menor y, en consecuencia, la UST puede tratar simultáneamente un gran número de llamadas (hasta 2720). Por razones de seguridad, las UST están repetidas y se equipan sobre bases relacionadas con las de las unidades de conmutación; esto es correcto, pues su función de control se relaciona con el tiempo de retención de las llamadas durante el período de conversación.

La UST controla un amplio grupo de circuitos de supervisión, tales como los enlaces de salida, y los explora en estricta rotación, de tal manera que cada circuito se somete a tratamiento cada 156 ms. Se reservan "rendijas" de tiempo especiales, a intervalos regulares, para almacenar datos relativos a nuevas llamadas, lo cual requiere acceso aleatorio a la memoria.

El tratamiento de cada llamada implica leer en la memoria el estado anterior del enlace (es decir, el estado 156 ms

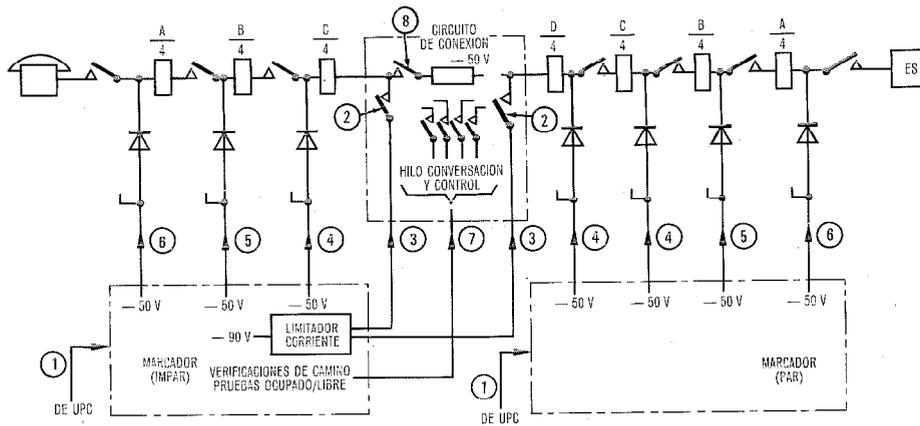


Fig. 4 Proceso de marcaje para conectar un abonado a un enlace de salida. Todos los caminos en el TXE4 se establecen sobre las mismas bases.

- 1 - marcaje iniciado
- 2 - obtenido acceso al circuito de conexión requerido
- 3 - aplicados -90 V
- 4 - aplicados -50 V para accionar las etapas D y C
- 5 - transferidos -50 V para actuar la etapa B a través de puntos de cruce de D y C

- 6 - transferidos -50 V para actuar la etapa A a través de etapas D, C y B
- 7 - el marcador de plano impar prueba el camino y el estado de las terminaciones
- 8 - tomado el circuito de conexión y retenido desde él el camino, se libera el marcador.

antes) y los datos de la referida llamada – tipo de llamada, instrucciones de cómputo, etc. – combinando seguidamente esa información con el estado actual del enlace, que se obtiene a través del equipo de exploración, y con otras informaciones externas, tales como impulsos de sincronización. Toda esta información combinada se utiliza para generar instrucciones que han de enviarse al enlace, así como una nueva indicación de estado que se almacenará hasta la próxima vez que este enlace reciba tratamiento. En cada etapa del tratamiento existe, en potencia, una gran cantidad de información que analizar, pero en la práctica a diferentes tipos de llamada o etapas de llamada corresponden distintos tipos de datos, pudiéndose manejar el análisis por lógica de combinación o memorias de “sólo-lectura”.

Esencialmente la UST es un ordenador sencillo controlado por programa, cuya operación se puede describir por medio de organigramas lógicos. En el diseño inicial el programa se realizaba en soporte físico, pero en las versiones que siguieron el control pasa a ser por lógica. La mayoría del equipo asociado con una UST está relacionado con explorar el estado de los enlaces y distribuir instrucciones a los mismos, debiendo sopesar la necesidad de dotación de este equipo contra las economías que resultan de la simplificación de los enlaces. Además de permitir la utilización de enlaces relativamente sencillos, el control por programa ofrece importantes ventajas debidas a su flexibilidad. No solamente pueden realizarse cambios en la operación de todos los enlaces por medio de modificaciones en el programa de la UST, sino que la estructura del sistema hace posible futuros crecimientos con la adición de características como la tarificación centralizada de llamadas.

Progreso de la llamada

Las funciones del control del sistema TXE4 pueden resumirse considerando la progresión de una llamada típica. Se ha elegido una llamada de un abonado a una central distante a través de un enlace de salida, puesto que esta lla-

mada hace entrar en juego una serie más amplia de funciones que una conexión puramente local.

Una llamada comienza con la detección de la llamada en la memoria cíclica. Esta condición se señala como estado de línea llamante, junto con la identidad de la línea e indicaciones de servicio, a todas las UPC cuando se alcanza la posición de exploración correspondiente. Se asigna una UPC a la llamada siguiente y esta UPC detectará el estado de la línea y almacenará su identidad e indicaciones de servicio para análisis. Según los resultados de éste, se seleccionará un registrador adecuado mediante búsqueda en los datos de la memoria cíclica, pasando los números de equipo del registrador y de la línea llamante al interrogador para selección del camino. Se marca después el camino elegido por medio de una instrucción de la UPC a los marcadores correspondientes. Dicho camino es el 1, 2 en las secuencias de conexión en serie indicadas en la figura 5.

Al recibir a través de la red la indicación de buen resultado, el registrador completa su verificación de la línea llamante y devuelve tono de marcar. Según se va reci-

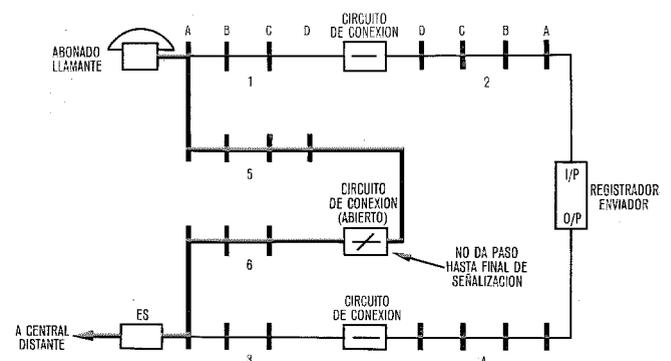


Fig. 5 Conexiones en serie utilizadas en una llamada de un abonado a una central distante, a través de un enlace de salida. El diagrama permite apreciar la amplia gama de operaciones realizadas durante el proceso de control del TXE4.

Los números 1, 2, 3, 4, 5 y 6 asignados a caminos de la red se utilizan en el texto para describir la conexión.

biendo cada dígito del abonado, y a medida que se almacena en la UPC, se realiza un análisis que determina si el encaminamiento es ya posible. Cuando esto es así, la UPC reúne la información en un formato adecuado y la pasa al comparador, junto con una instrucción que pide la traducción del encaminamiento. Seguidamente se realiza la búsqueda de datos en la memoria cíclica, sin más intervenciones del programa, siendo transmitido el resultado al programa de la UPC para su acción posterior al tratamiento del registrador. Si el resultado de la búsqueda fue positivo, el programa recibe el número de ruta del grupo de enlaces salientes requerido, los dígitos de encaminamiento y la longitud de número esperada. Esta última información condiciona la fase de señalización entrante en la llamada. En una búsqueda posterior se utiliza el número de ruta para hallar un enlace de salida libre, empleando una vez más el comparador.

Si la búsqueda de salida libre tuvo éxito, la UPC recibe el número de equipo del enlace y envía señales que provocan la selección y marcaje de camino entre el registrador y el enlace escogido; en la figura 5 éste es el camino 3, 4. Al finalizar el marcaje se toma el enlace en modo primario, con el puente de transmisión eliminado, para que el registrador tenga acceso directo al enlace a fines de envío de señales. Si el enlace no emplea señalización decimal, se verificará la repetición de impulsos en el juego de relés de dicho enlace.

Mientras tanto ha continuado recibiendo señalización del abonado, quedando almacenada en el registrador de la UPC para ser luego retransmitida. El camino final 5, 6 de la secuencia está ya establecido entre el abonado y el enlace. El registrador verifica este camino probando entre sus dos extremos y comienza entonces a emitir los dígitos de encaminamiento y la información numérica hacia la central distante. Durante este proceso se mantienen abiertos los hilos de conversación en el circuito de conexión del camino, 5, 6, con objeto de mantener la separación entre las actividades de recepción y de envío.

Al completar el proceso de envío, el registrador señala por el hilo P para poner el enlace en toma secundaria, con el puente de transmisión conectado, y para conectar los hilos de conversación en el circuito de conexión de 5, 6. A continuación se libera el registrador y con los caminos 1, 2, y 3, 4 dejando la llamada bajo el control de la UST a través del enlace.

La UST ha conocido que va a tomarse un enlace bajo su control, a partir de la información señalizada durante el es-

tablecimiento de 5, 6, extrayendo entonces de esta información datos sobre la tarificación requerida en la llamada final, los cuales almacena en espera de señales del propio enlace. Inicialmente estas se limitan a una señal de llamada (cierre de bucle) indicando que la conexión en la red se ha verificado como se esperaba.

Cuando se recibe una señal de respuesta de la central distante, la UST hace que se aplique una señal inicial, que arranca el cómputo de la llamada a efectos de tasación. La "liberación por el llamante" hace que se libere directamente la conexión, mientras que la "liberación por el llamado" está sujeta a temporización antes de la liberación obligada de la conexión.

Conclusiones

La estructura de control del sistema TXE4 permite un dimensionamiento exacto, en función de los parámetros individuales de la central, al tiempo que ofrece un servicio seguro merced a la repetición de los órganos de tratamiento de llamadas. El control por lógica programada proporciona flexibilidad y facilidad en las aplicaciones, manteniendo por otra parte su simplicidad gracias a la delegación de las funciones de exploración, establecimiento de caminos y supervisión de llamadas, en unidades especializadas.

Robert Edwards nació en Cwmlline, Wales, en 1924. En 1965 entró en STC, después de 14 años de servicio en East Africa Posts and Telecommunications en Uganda, Kenya y Tanganica. Desde entonces ha trabajado en sistemas múltiples de división de tiempo de baja velocidad, en evaluación de pruebas de campo del TXE4 y, a partir de 1970, ha estado al frente del diseño lógico de las versiones TXE4 y TXE4A.

P. J. Hiner nació en Londres en 1944, recibiendo el grado BA en clásicas en la Universidad de Cambridge, en 1966.

Dentro de STC ha trabajado en el desarrollo de los sistemas de conmutación TXE1, TXE4 y PENTACONTA*. Desde 1970 a 1973 dirigió el equipo de diseño lógico del TXE4 para completar una maqueta de producción, siendo actualmente responsable del diseño de sistema para la versión TXE4A, desarrollo ulterior del TXE4.

Ken Piper nació en Barnet, Inglaterra, en 1938. Obtuvo el grado BSc (Técn) en la Northern Polytechnic de Londres, en 1961.

El Sr. Piper ha participado, desde STC, en todas las etapas del desarrollo de centrales electrónicas de relés "reed", acometido conjuntamente por el British Post Office y la industria. Desde su principio, ha sido miembro o jefe del grupo de diseño de sistema dedicado a llevar el TXE4 hasta su puesta en servicio, siendo actualmente director del proyecto.

* Marca registrada del sistema ITT.

Características y filosofía de mantenimiento del sistema TXE4

Las centrales TXE4, diseñadas para trabajar de manera continua durante más de 25 años, deben funcionar en presencia de averías, actividades de mantenimiento, mejoras y ampliaciones. Así, la fiabilidad del sistema y los costes totales durante su vida dependerán de las características y de los métodos de mantenimiento.

A. H. BABB

B. S. JONES

R. W. WALTON

Standard Telephones and Cables Limited, Londres, Reino Unido

Introducción

La filosofía del sistema TXE4 señala un hito en el progreso hacia una mejor mantenibilidad de los equipos de centrales telefónicas en Gran Bretaña, alcanzado en presencia de fuertes exigencias y limitaciones, de por sí mismas cambiantes. Estamos experimentando ahora un aumento de la importancia de los costes de mantenimiento como uno de los principales componentes del coste en la vida de la central.

Para conseguir una mantenibilidad óptima el diseño, los métodos previstos de mantenimiento, los medios de seguridad y la organización deben estar estrechamente relacionados entre sí. En una situación en que los diseños se desarrollan antes de que se hayan tomado todas las decisiones sobre organización del servicio, el único medio por el que puede adaptarse el equipo a la filosofía de mantenimiento reside en los métodos de mantenimiento correctivos y preventivos. Las decisiones que se tomaron en las primeras fases de diseño del sistema TXE4 fueron tales que podía encajarse bien la eventual filosofía.

El usuario exige un sistema capaz de funcionar sin atención y que dé seguridad de servicio en presencia de averías, empleando técnicas de tolerancia de fallos y de evitación de fallos. Pocos fallos deben exigir una atención urgente y hay un deseo creciente de tener un sistema que tolere esperar largo tiempo antes de recibir atención de mantenimiento. Cuando se tome acción es muy deseable poder identificar el defecto hasta el nivel de una sola unidad reemplazable antes de llegar a sustituir nada.

Todos estos requisitos exigen que se cuente con algún equipo adicional a nivel del sistema y una buena definición de los circuitos para asegurarse de que las precauciones extraordinarias son plenamente eficaces y de que los fallos que provoque una considerable inutilización de funciones se minimizan.

Es un axioma el que la previsión de medios para soportar la aparición de fallos sin perjuicio aumenta la seguridad del sistema o la capacidad de aceptar una espera en la reparación. Estas dos ventajas pueden ser intercambiables pero no puede disfrutarse de ambas simultáneamente para un coste dado, de forma que cualquier aplicación de la filosofía debe ser un compromiso entre ellas que puede decidir la administración.

Un sistema diseñado para trabajar en presencia de fallos inevitablemente dará poca o ninguna evidencia exterior de su estado en cuanto a la calidad del servicio observada mientras que el número de fallos simultáneos no haya sobrepasado un límite para el que puede producirse una degradación del servicio o para el que disminuya la probabilidad de tener un mantenimiento sin la degradación consiguiente. La pre-

Tabla de abreviaturas

EPRALL	-	equipo de pruebas rutinarias de aislamiento de líneas locales
MF	-	multifrecuencia
MUTE	-	equipo de pruebas manuales de unidades
OCS	-	observación centralizada de servicio
ROIL	-	registrador, salida, entrada y malla
UPC	-	unidad principal de control
UST	-	unidad de supervisión de tratamiento

sencia de fallos múltiples hace más difícil el diagnóstico e incrementa la posibilidad de tener un mecanismo de fallo no previsto por el análisis de los efectos y criticidad del tipo de averías [1]. Tal sistema debe tener medios de identificar los fallos con seguridad y a tiempo antes de que afecten sensiblemente al servicio.

Organización del servicio

No es posible definir plenamente los planes de mantenimiento por la administración antes de completar el diseño y, además, aquéllos están sujetos a evolución a medida que se obtiene experiencia del nuevo sistema. La ubicación, la categoría y el número de centros de reparación son factores importantes desde el punto de vista económico. Técnicamente es esencial el concepto de sustitución al nivel del llamado conjunto menor reemplazable, con un detallado diagnóstico del fallo de estos conjuntos efectuado lejos del sistema en funcionamiento. Debe haber una gran confianza en la idoneidad de cualquier sustitución realizada en el sistema en servicio.

La identificación de un fallo se hará a nivel de una unidad, o a veces de un pequeño número de unidades. Las reparaciones a nivel de componentes individuales en el sistema se limitará a componentes permanentemente alambrados en bastidores, paneles de mantenimiento, o ciertos componentes de las memorias cíclicas.

Se supone que en las unidades que emplean tecnología paso a paso existente, los elementos electromecánicos se ajustarán o reemplazarán localmente, pero fuera del sistema. Las unidades de matrices de conmutación se repararán en una sección de reparación de matrices equipada para comprobar automáticamente las unidades, que puede estar situada en ciertas centrales predeterminadas para servir a un grupo local.

Todas las demás unidades, así como las indicadas anteriormente que no puedan repararse localmente, se repararán en centros equipados con equipos automáticos de prueba programables que permitirán el diagnóstico y la comprobación.

Dispositivos de mantenimiento incorporados al sistema

Alarmas

La organización del sistema TXE4 se presta a una completa autoverificación y supervisión de su funcionamiento. Por ejemplo, el empleo de técnicas de conexión en serie simplifica considerablemente la ejecución de comprobaciones de continuidad e integridad de caminos en cada etapa.

De acuerdo con la norma del British Post Office (BPO) en el sistema TXE4 hay dos categorías básicas de alarmas: alarmas urgentes, que requieren atención inmediata, y alarmas diferidas, para las que no es esencial una acción inmediata. En las centrales TXE4 desatendidas se envían las alarmas a un centro distante atendido, para advertir en consecuencia al personal de mantenimiento. Dentro del edificio de una central se identifica la sala en que aparece una avería mediante lámparas de alarma. Dentro de esa sala, se identifica la fila de bastidores afectada mediante lámparas de fila, normalmente colgadas sobre los pasillos principales. El bastidor en que está la avería se identifica mediante otras lámparas montadas a unos 25 cm del suelo en cada bastidor TXE4. Se dan más detalles sobre el fallo en un campo múltiple de lámparas que tiene el panel de supervisión del bastidor. El contenido de la información que proporciona este campo de lámparas varía considerablemente según la complejidad del área afectada por la alarma. Por ejemplo, el campo de lámparas de un generador de impulsos indica el impulso sospechoso mostrando en forma estática el estado del contador en anillo del generador en el momento en que se detectó el fallo.

Entre los circuitos de alarma hay algunos que pueden regularse previamente a un nivel fijo de forma que sólo se activan si el número de incidentes sobrepasa dicho nivel. Un ejemplo de esto es la alarma de línea en falsa llamada. En cualquier momento los abonados pueden quedar aislados por una acción propia, tal como no marcar o no colgar. En estos casos no hace falta dar la alarma. Sin embargo, una avería en un cable exterior, por ejemplo, podría provocar un aumento considerable del número de líneas en falsa llamada. El umbral de alarma se establece, por tanto, por encima del nivel esperado en circunstancias normales para que sólo se dé alarma en condiciones anormales.

En los casos en que se emplea una lógica de decisión por mayoría de dos entre tres, se da la alarma y se identifica el circuito siempre que se toma una decisión que no es unánime. Esto es importante porque puede producirse un segundo fallo y, si dos de los caminos de decisión están defectuosos, la decisión por mayoría será errónea.

No todas las alarmas indican que hay un fallo en el equipo. Por ejemplo, siempre que un abonado llamado arranca el seguimiento de una llamada maliciosa se da una alarma. Esta advierte al personal de mantenimiento para que tome nota de los detalles de la llamada, que se registran por medios visuales.

Se pueden eliminar las alarmas mediante llaves de "alarma atendida", pero se reactivan cuando se suprime el fallo a menos que se repongan las llaves a su posición normal.

Registro impreso de fallos

Estos completos dispositivos de alarma se complementan en el sistema TXE4 con equipo de registro impreso de fallos. Pueden equiparse hasta 3 teleimpresores por central, bien localmente o a distancia. Pueden asignarse diferentes tipos de mensajes de fallos a salidas particulares. El mensaje de fallo se presenta en forma alfanumérica en dos posibles formatos normalizados. Si se desea, pueden imprimirse también encabezamientos de columnas.

Con fines de localización del fallo, el mensaje puede separarse en dos partes, información del camino defectuoso y el resto. A diferencia de la información sobre otros fallos, un solo camino defectuosos no permite por sí mismo localizar inmediatamente el fallo. Aunque se registran detalles completos del camino defectuoso, esto no permite identificar la parte del camino en que se encuentra el fallo; sin embargo, la información incluye una indicación del tipo de fallo, por ejemplo un hilo P desconectado.

Debido a la elevada tolerancia del sistema TXE4 frente a los fallos, no es necesario tratar de eliminar los fallos de la red hasta que no se genere una serie de mensajes a consecuencia del tráfico normal de cada día que permita identificar los mensajes referentes a unos mismos fallos y así localizar éstos. Una llamada no se pierde porque falle un camino, ya que se intentará completarla de nuevo.

El BPO tiene ya un método de análisis mecanizado para centrales de barras cruzadas y puede utilizarse otro semejante para las centrales TXE4. Para ayudar al personal de mantenimiento, se enviará a cada central información agrupada y ordenada sobre el fallo de la llamada a fin de aumentar la información que se registra directamente.

No toda la información registrada se refiere a fallos. Por ejemplo, la iniciación del seguimiento de una llamada genera una impresión de detalles sobre ésta. El teleimpresor también registra información sobre el estado de las pruebas rutinarias y puede emplearse para registrar los números de equipo de las líneas en falsa llamada. También se imprime la hora una vez cada hora y la fecha una vez al día.

Equipo de prueba incorporado

Además del equipo de servicio como acceso para pruebas, comprobación del contador de impresión, seguimiento de llamadas, etc., hay 3 equipos de prueba incorporados.

El más versátil de éstos es el equipo de prueba de la unidad principal de control (UPC). Se trata de una unidad enchufable por cada UPC. Unas lámparas y llaves en el panel frontal de la unidad facilitan la presentación y manipulación de los datos programados y almacenados en la UPC, pero sólo después de haber puesto a la UPC fuera de servicio para el tráfico real. El equipo permite el funcionamiento simple o repetido del programa entre determinadas fases. Puede utilizarse para identificar fallos de programas y de equipos.

El segundo equipo de pruebas incorporado, también asociado a la UPC, es el teléfono de pruebas. Cada UPC tiene un jack de acceso para pruebas con un teléfono normal, que puede utilizarse para originar llamadas de prueba desde una posición de abonado a dos posiciones de enlace de llegada sobre cada conjunto de tres memorias cíclicas y

que asegura que tales llamadas sólo las cursa la UPC seleccionada. Puede emplearse para establecer condiciones de prueba controladas que, con trampas introducidas en el programa por el equipo de pruebas de la UPC, puedan congelar el programa de ésta en puntos específicos para permitir el análisis detallado de las condiciones de fallo.

El equipo de prueba de la observación centralizada de servicio (OCS) simula una posición de operadora de OCS y permite seguir la señalización en ambos sentidos con el control de OCS. Está normalmente desconectado y, cuando se utiliza, se conecta al control de OCS en lugar de un enlace de OCS y se emplea para probar el equipo de señalización de OCS.

Equipo de pruebas rutinarias

El sistema TXE4 efectúa pruebas rutinarias de los equipos que cursan tráfico cuyo fallo individual no tiene efecto sustancial sobre la seguridad del sistema. Se emplean cinco tipos de equipos de pruebas rutinarias. Estas se realizan normalmente durante periodos de bajo tráfico y empiezan en una unidad predeterminada (mediante mandos de un panel) o en la unidad siguiente a la última que se probó. En cada unidad se ejecuta una serie de pruebas, y cuando falla una de éstas se registra en forma impresa el número de la prueba y la dirección de la unidad. También se registran las direcciones de la primera y la última unidades probadas. Cuando se encuentra una unidad ocupada, el equipo de pruebas rutinarias provoca el registro impreso de la dirección de la unidad junto con una indicación de ocupado. Un equipo de pruebas rutinarias que puede trabajar con control manual o reloj automático puede colocarse normalmente, cuando se desee, en posición de probar una unidad solamente, ya sea una vez o repetidas veces.

El dispositivo de pruebas rutinarias de registradores es capaz de probar los registradores multifrecuencia (MF) y decimales que utiliza el sistema TXE4. Bajo el control de la UPC pueden establecerse conexiones desde cualquier registrador a través de la red hasta el circuito periférico del equipo de pruebas de registradores (Fig. 1). Este circuito es esencialmente un equipo de relés de respuesta conectado a un elemento de selección A de enlaces. El equipo de pruebas simula señales de discriminación de abonados, envía tonos, cierra líneas en bucle, simula líneas largas o con fugas y, para los registradores MF, puede enviar una secuencia de tonos MF. También es capaz de comprobar la correcta recepción de impulsos dentro de límites prescritos y de distorsionar los impulsos hasta esos límites.

El circuito periférico del equipo de pruebas rutinarias de circuitos de conexión, que tiene dos salidas, también se conecta a un elemento de selección A de enlaces. Bajo control de la UPC, el circuito periférico, que puede probar los circuitos de conexión con alimentación y metálicos, se conecta a éstos a través de la red de conmutación. El equipo de pruebas aplica señales de entrada y supervisa la reacción de cada circuito de conexión. Prueba todas las funciones normales de éstos.

El equipo de pruebas rutinarias de enlaces de salida está también controlado por una UPC. Cada circuito de relés de enlace de salida tiene un relé de aislamiento que puede desconectar el lado de línea del enlace y conectar éste a una vía común de pruebas rutinarias. De esta forma puede

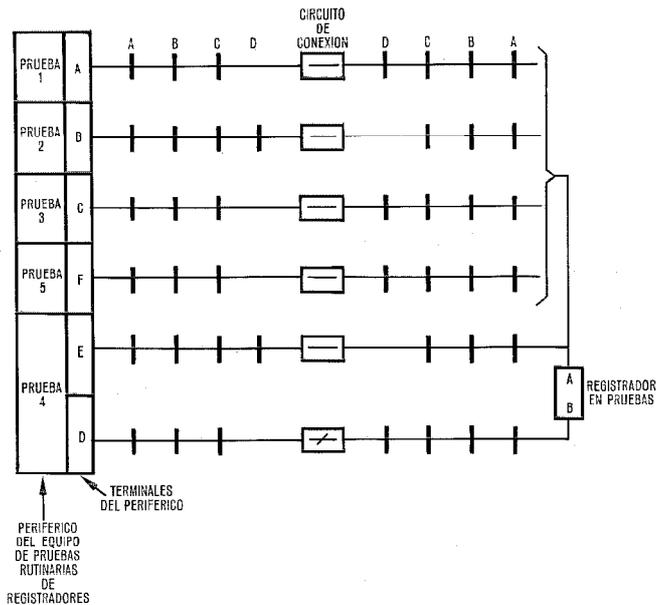


Fig. 1 Secuencia de conexiones para pruebas rutinarias de registradores. Estas se realizan en períodos de poco tráfico sobre equipo cuyo posible estado defectuoso sólo puede detectarse en funcionamiento.

probarse el enlace de salida aislado de la central distante. El equipo de pruebas aplica 14 secuencias de prueba diferentes para verificar el funcionamiento de los cinco tipos diferentes de enlaces de salida. Entre estas pruebas figuran el establecimiento de conexiones, tomas secundarias, equilibrio de línea y transmisión, y saturación del relé A.

El equipo de pruebas rutinarias de marcadores se emplea para verificar las operaciones de los marcadores en el establecimiento de llamadas a través de la red de conmutación, empleando circuitos de conexión en metálico o con alimentación asociados a uno de los planos adyacentes al marcador que se prueba. También comprueba la capacidad del marcador, con su interrogador o interrogadores asociados, para detectar terminales ocupados. Detecta dobles conexiones establecidas como resultado de la asociación del marcador con una unidad equivocada.

El equipo de pruebas rutinarias de aislamiento de líneas locales (EPRALL) da servicio hasta 40.000 líneas. Entre las pruebas que efectúa figura el aislamiento a tierra y entre hilos, con selección manual de los valores de la resistencia de aislamiento entre 0,05 y 2 MΩ. Cuando falla la prueba se registra un mensaje con el número de equipo de la línea que falló y un código indicador del fallo, en lugar de dar el número de la prueba y la dirección codificada.

Otros equipos de pruebas

El mantenimiento del sistema en servicio requiere otras facilidades de prueba que, si estuvieran incorporadas, deberían repetirse a cada aparición de la función a probar o exigirían equipo de conmutación y cableado de bastidor adicionales. Aunque esto pudiera hacerse prácticamente, significaría con certeza una menor fiabilidad y mayores riesgos en la seguridad del sistema. Además del equipo portátil de pruebas de la administración, se han diseñado varios dispositivos especiales de prueba que pueden conec-

tarse a la función correspondiente del sistema según se precise. Estos son:

- Un banco de pruebas de marcadores que complementa al equipo de pruebas rutinarias de marcadores. Puede emplearse para probar en un marcador la localización de defectos y la verificación de los circuitos internos de comprobación y alarma.
- Dispositivo de pruebas de la UST, que supervisa y activa al equipo de la UST.
- Dispositivo de pruebas de comprobación de monedas y tarifa, capaz de probar todas las facilidades de estos circuitos.

El acceso del equipo exterior al sistema se hace normalmente mediante puntos de prueba en la parte frontal de las unidades. No se han regateado esfuerzos para reducir estos accesos al número imprescindible y, dentro de ciertas limitaciones de coste, para minimizar la posibilidad de provocar averías u operaciones erróneas a consecuencia de un error de utilización. Ciertos puntos de prueba permiten ocupar las unidades para que no acepten nuevas tareas. Cuando se han terminado las tareas en curso y la unidad queda libre, se identifica este estado y se prueba o se reemplaza la unidad sin perder llamadas.

No debe tocarse en absoluto el cableado de bastidor, a menos que se presenten fallos precisamente en el propio cableado. Algunas pruebas exigen acceso múltiple, lo que puede conseguirse con jacks enchufables que encajan en los conectores posteriores en posiciones especiales de unidades. Estas posiciones están tapadas normalmente con falsos paneles frontales de unidad.

Manual de mantenimiento por diagnóstico

Los objetivos principales del manual de mantenimiento por diagnóstico del sistema TXE4 son:

- eficaz diagnóstico de los fallos,
- rápida restauración tras cualquier deterioro del servicio,
- menor posibilidad de fallo parcial o total del sistema durante el mantenimiento,
- prevenir la existencia continuada de defectos no detectados que reduzcan la seguridad del sistema.

La preparación de este manual exigió una muy estrecha colaboración con el cliente, el personal del BPO trabajando en el grupo de ingenieros. También se ha facilitado al cliente, pero por separado, los datos necesarios para formular el plan de mantenimiento preventivo de cualquier central determinada.

El mantenimiento preventivo está dirigido básicamente a la búsqueda de fallos que, de otra forma, no se identificarían (ejemplos de éstos son las alarmas que no pueden dar indicación de alarma y los dispositivos de selección de 2 entre 3 que se transformen en 2 entre 2).

Está previsto mantener un intercambio y un análisis detallados de las actividades de servicio en colaboración para 10 centrales determinadas durante un período inicial. Además de identificar todo mecanismo sistemático de producción de averías que pueda existir, esto proporcionará información para el perfeccionamiento de los métodos de mantenimiento.

El manual de diagnósticos complementa el manual del sistema, que contiene la descripción de éste, las instrucciones de funcionamiento y las instrucciones generales de

mantenimiento. Estas últimas incluyen una guía secuencial de mantenimiento correctivo, que es esencial en los pocos casos de interrupción de servicio del sistema, o de aparición de alarmas múltiples, o indicaciones de avería en forma tal que no permitan identificar un tipo de fallo específico. En estos casos es esencial restaurar el servicio rápidamente con el mínimo riesgo de nuevo deterioro durante el mantenimiento. La importancia de este problema se ha puesto de manifiesto gracias a la experiencia sobre otros sistemas de conmutación electrónica en funcionamiento.

El sistema está diseñado de forma que si se retira cualquier unidad de una central en buen estado no habrá consecuencias, o éstas serán muy pequeñas, en su funcionamiento. Cuando existen defectos o ya hay unidades retiradas u ocupadas, la retirada de unidades afines puede tener consecuencias más significativas, y los métodos de mantenimiento se establecen, por tanto, de manera que se minimicen éstas.

La sección 1 del manual de diagnóstico describe su aplicación e incluye el diagrama secuencial de la figura 2.

La sección 2 se ocupa de las indicaciones de fallo al bastidor o al área funcional en que se encuentra aquél. Estas indicaciones incluyen los mensajes impresos, las alarmas y las reclamaciones de operadoras o abonados. Las diversas áreas funcionales están cubiertas en la sección 4 y siguientes, pero la información y los métodos generales aplicables al sistema y a las relaciones entre las áreas funcionales vienen recogidos en la sección 3, cuyo contenido se muestra en la tabla 1 como aparece en el manual.

Tabla 1 - Reproducción del índice de la sección 3 del manual de diagnósticos

3.0 METODOS GENERALES DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO Y DATOS GENERALES DE LAS CENTRALES
3.1 Métodos generales de mantenimiento correctivo
3.1.1 Principios generales del sistema de alarmas
a) Tipos de alarmas
b) Facilidades de alarma atendida
c) Llaves con retardo y de restablecimiento
3.1.2 Método aplicable a las alarmas de fallo de convertidores
3.1.3 Método de sustitución de fusibles fundidos
3.1.4 Método aplicable a indicaciones de fallos intermitentes
3.1.5 Disponibilidad de potenciales en la parte frontal del bastidor
3.2 Datos generales de la central
3.2.1 Plano de planta de la central
3.2.2 Relaciones entre bastidores
3.2.3 Relaciones entre números de bastidor, números de unidad y posiciones de unidad
3.2.4 Relaciones entre mallas y elementos de relación
3.2.5 Relaciones entre mallas y órganos electrónicos de tratamiento
3.2.6 Conversiones entre número de guía y número de equipo para los abonados y entre número de equipo y número de elemento de selección para los enlaces
3.2.7 Detalles de equipamiento de la central
Tabla 3/1 Convertidor CC/CC.
Información de puntos de prueba

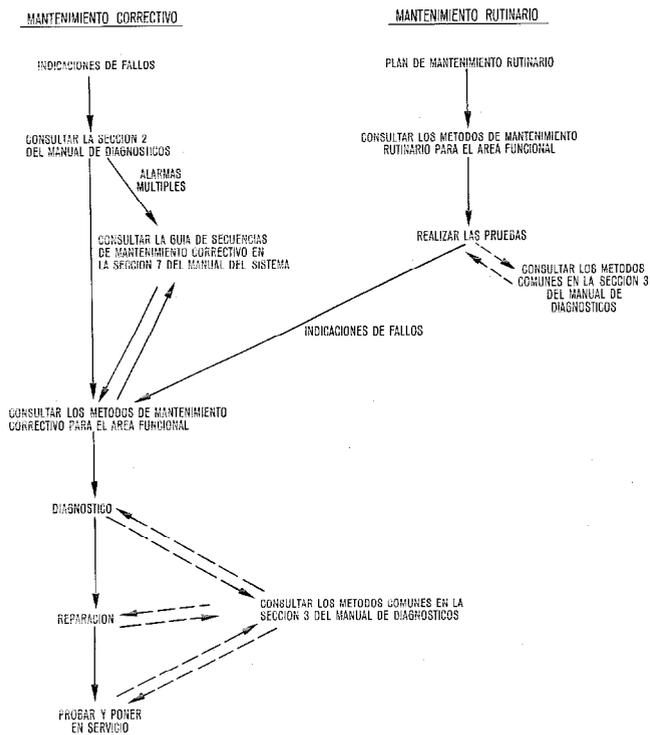


Fig. 2 Diagrama secuencial de empleo del manual de diagnóstico. Este complementa al manual del sistema y es un auxiliar en la rápida detección de fallos.

Como ejemplo de método para un área funcional puede considerarse la sección relativa a la memoria cíclica. La parte de mantenimiento correctivo señala las fuentes generales de información que están en otros lugares de los manuales, da la lista de la documentación correspondiente archivada en la central y presenta información especializada sobre la memoria en forma conveniente. Sigue luego la interpretación de las indicaciones de fallos bajo una serie de referencias que muestran al técnico el método apropiado. Estos métodos de diagnóstico empiezan por la identificación de las referencias a partir de las cuales se llega a ellos. El resto del texto describe los procesos de reparación, sustitución, verificación y puesta en servicio del equipo reparado.

La parte de mantenimiento preventivo expone los métodos de mantenimiento rutinario, así como los casos en que éstos son necesarios para efectuar comprobaciones y aquéllos en que la aplicación de un método de mantenimiento preventivo debe ir precedida inmediatamente de otro por razones de seguridad del sistema.

Mantenimiento de unidades enchufables

Cuando se localiza una unidad enchufable defectuosa con los métodos de mantenimiento del sistema, ésta se sustituye por otra de repuesto. La unidad defectuosa pasa a un departamento de reparaciones equipado con los necesarios dispositivos de diagnóstico, reparación y prueba final. Es interesante advertir que el diagnóstico y la prueba final se realizan con equipo idéntico al que se emplea en las pruebas de fábrica y que se utilizan para ello las rutinas de pruebas que se emplean en la fábrica. No sólo evita esto los costes relativos a la preparación de un segundo conjunto de

rutinas de pruebas, sino que además garantiza que las unidades que pasan a engrosar la provisión de repuestos de mantenimiento se han probado con las mismas normas que las unidades nuevas salidas de fábrica y, por tanto, no hay que usar el sistema en funcionamiento como banco de pruebas.

Equipo de pruebas para unidades enchufables

El centro de mantenimiento debe contar con equipo de pruebas capaz de verificar completamente cualquier unidad enchufable y de proporcionar datos de prueba y diagnóstico para identificar el componente defectuoso y para comprobar que la unidad reparada está en buenas condiciones bajo todos los aspectos. El tipo de unidad y las posibles clases de fallos corresponden a tres tipos de equipos de prueba.

Para una gran parte de unidades que utilizan básicamente componentes de estado sólido de baja corriente y en las que la mayoría de las veces causan el cese total de funcionamiento, se precisa un dispositivo de pruebas automáticas programado, capaz de efectuar pruebas rápidas, cambiar de programa frecuentemente para unidades diferentes, y dar indicaciones relativamente simples de los resultados de las pruebas. Para esto se emplea el equipo de pruebas automáticas PROLOG (Fig. 3).

Puede identificarse un segundo tipo importante de unidades, las que cursan tráfico e intercambian señales con la red exterior. En el sistema TXE4, estas unidades utilizan diversos tipos de relés para las funciones de conmutación y las de señalización especializada, y circuitos intermedios de estado sólido para las áreas de control. En este grupo es común un tipo de fallo diferente, en el que se conserva la función, pero fuera de los límites especificados. La velocidad de funcionamiento de estas unidades es de un orden de magnitud menos que las unidades electrónicas, y para ellas



Fig. 3 Equipo de pruebas PROLOG utilizado en el centro de mantenimiento para comprobar unidades electrónicas defectuosas.

conviene disponer de un equipo programado más sencillo y lento que el PROLOG. Se utiliza con este fin el equipo de pruebas ROIL (iniciales en inglés de registrador, salida, entrada y malla) que puede verse en la figura 4.

El tercer grupo de unidades, mucho más reducido, abarca unidades de muy diversos tipos que presentan unos requisitos de estímulo y medida individuales. Estas pocas unidades con muchas funciones dispares no compensan el esfuerzo necesario para producir los programas de prueba, y se prueban de forma más adecuada por medios manuales principalmente. Para ello se dispone del equipo de pruebas MUTE (iniciales en inglés de equipo de pruebas manuales de unidades).

En el centro de mantenimiento se utilizan, por consiguiente, los tres tipos de pruebas, PROLOG, ROIL y MUTE, idénticos a los que se emplean en la inspección de fábrica.

Equipo de pruebas PROLOG

Este equipo se diseñó para la prueba de unidades electrónicas fabricadas para el sistema TXE4. Las rutinas de prueba, que pueden cargarse con cinta de papel perforada o con cinta magnética, se almacenan en una memoria dinámica de estado sólido con tiempo de acceso de un microsegundo por carácter de 8 bits. Esta memoria y la lógica de control para los órganos intermedios de prueba emplean un sistema de prueba lógico comercial. Se ha añadido a esto una matriz de conmutación que conecta cargas y tensiones programables a la unidad en prueba, las diversas alimentaciones principales necesarias, detectores de impulsos programables y un circuito lógico intermedio de prueba con órganos de activación lógicos programables. Se incluye en este equipo un conjunto de mandos manuales para el circuito intermedio de prueba, que pueden colocarse en posición de diagnóstico para obtener información adicional sobre la causa del fallo y así localizarlo con mayor precisión. Una de las características interesantes del PROLOG es el grado de protección contra las sobrecargas que lleva incorporado. Las resistencias de carga constituyen un punto particularmente delicado, ya que un solo fallo en la unidad en prueba podría provocar la aplicación de tensiones excesivamente altas a la resistencia. En el PROLOG todas las resistencias de carga que pueden correr peligro tienen detectores de temperatura que provocan la desconexión de todas las alimentaciones cuando empieza a elevarse la temperatura de la resistencia hasta un nivel en que pueda producirse algún daño.

Equipo de prueba ROIL

Este equipo se diseñó para probar las unidades electromecánicas de producción numerosa, excepto las matrices de conmutación. Como la velocidad de prueba viene limitada por la velocidad con la que la unidad en prueba puede responder a estímulos, y como las unidades en general no son complejas, está indicado el control directo de las pruebas con cinta de papel perforada, usando memoria sólo para contener el código de máquina para una sola prueba. La gama de facilidades que proporciona es claramente diferente de la que da el PROLOG, puesto que la prueba de unidades electromecánicas tiene exigencias ya de por sí di-

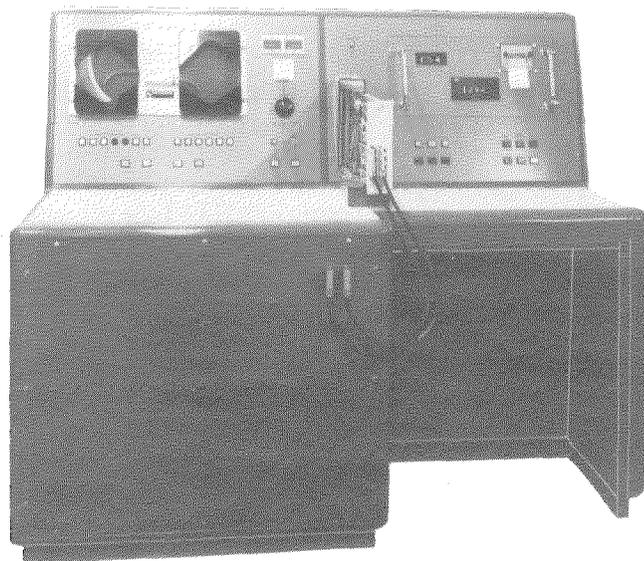


Fig. 4 Equipo de pruebas ROIL utilizado en el centro de mantenimiento para comprobar unidades electromecánicas defectuosas.

ferentes. Por ejemplo, no es necesario producir impulsos de fijación ni probar circuitos lógicos, pero sí proporcionar apagachispas para bobinas de relés y estímulos y medidas de CA a baja frecuencia. También en este equipo se ha considerado esencial la protección incorporada.

Equipo de prueba MUTE

Este equipo se diseñó para poder tener un dispositivo de pruebas con control manual capaz de probar cualquier unidad no cubierta por los anteriores equipos automáticos. Hasta que entraron en servicio los primeros equipos PROLOG y ROIL se utilizó con muy diversas unidades, pero su uso quedó restringido después a las unidades electromecánicas de bajo volumen de producción que requieren dispositivos de prueba especiales. Todos éstos están controlados por mandos con circuitos detectores sencillos que presentan los resultados medidos mediante lámparas. La conexión de estos dispositivos a la unidad a probar se efectúa en un repartidor especial de esa unidad. Como hay varias alimentaciones y diversos dispositivos de prueba sencillos, también puede utilizarse como equipo de diagnóstico. En este caso habría que usar también un voltímetro digital y un osciloscopio.

Preparación de las rutinas de prueba. Lenguaje PROTEST

Todas las rutinas de prueba para los equipos de pruebas automáticos se han preparado con el lenguaje PROTEST* de alto nivel desarrollado por ITT para aplicaciones de pruebas [2, 3]. Esto responde a una decisión tomada en 1971, antes de empezar la preparación de las rutinas de pruebas, sabiendo que habría que probar cerca de 1000 códigos de unidades y subconjuntos con los equipos PROLOG y ROIL y que, como la fabricación debía seguir inmediatamente al diseño, habría probablemente un gran número de modificaciones a hacer en un tiempo bastante corto. El máximo de ingenieros que hubo trabajando di-

* Marca registrada del sistema ITT

rectamente en un momento dado en la preparación de rutinas de prueba fue de 42, con un total de 50 personas dedicadas a proporcionar apoyo de supervisión y administrativo.

A partir del esquema y la lista de componentes, el ingeniero programador analizaba el circuito y escribía las instrucciones de prueba en lenguaje PROTEST. Se procesaba luego esto con el programa compilador adecuado al equipo de prueba a utilizar para obtener una cinta de papel perforada y un listado detallado paso a paso de las pruebas a realizar. Empleando una unidad de muestra, la cinta de prueba y el listado, se pasaba la rutina en el equipo de prueba y se verificaba. Cuando había que hacer correcciones para conseguir una rutina de prueba totalmente eficaz, se modificaban y recompilaban las sentencias originales PROTEST. Una vez completado este proceso, se enviaba el listado detallado al BPO para su aprobación, antes de pasar la cinta perforada y el propio listado a fábrica para su aplicación.

Los programas de compilación utilizados proceden todos de STL, un centro de investigación de ITT en Gran Bretaña, que también se encargó inicialmente de efectuar la compilación. A medida que creció la carga de trabajo, se transfirieron los programas compiladores a un departamento de servicio con un terminal distante para entrada de trabajos al procesador, que se instaló en el departamento de ingeniería de pruebas para conseguir un rápido servicio de devolución, con acceso las 24 horas del día.

El empleo de métodos PROTEST simplificó el problema de formación de un gran número de ingenieros. También permitió aplicar una planificación y un control eficaces, con un alto grado de normalización de los métodos de prueba y de la presentación de la información para el usuario y para el cliente. Con la ayuda de los equipos PROLOG y ROIL para mantenimiento, ha sido posible volver a producir las cintas de papel perforadas y los listados necesarios con el mínimo de esfuerzo.

Se acordó con el BPO que las rutinas de pruebas formen parte de la información de diseño que debe proporcionarse a otros fabricantes, que los aceptan en forma de código fuente PROTEST para utilizarlas con programas compiladores facilitados por STL adecuados a sus propios equipos de prueba. La experiencia de esta operación, que supone la primera vez que se acomete el intercambio de rutinas de prueba entre equipos diferentes empleando las fuentes PROTEST como medio de intercambio, ha demostrado que puede realizarse con éxito y facilidad, siempre que ambos equipos tengan facilidades de prueba adecuadas.

Referencias

- [1] A. H. Babb: Failure Mode Effects and Criticality Analysis (FMECA) and Planned Maintenance Applied to TXE4 Electronic Switching System; Actas del Simposio Internacional de Conmutación, Munich, 9 al 13 de septiembre de 1974, memoria 135N/1-8.
- [2] M. H. Gill: PROTEST - Un lenguaje para pruebas; Comunicaciones Eléctricas, 1972, volumen 47, n° 4, págs. 289-294.
- [3] M. H. Gill y B. S. Jones: A High Level Language for Testing - Selection and Large-Scale Use of PROTEST; Actas de la Conferencia sobre Progresos en Tecnología de Pruebas Automáticas, Birmingham, Reino Unido, 15 al 17 de abril de 1975, Londres, Institution of Electronic and Radio Engineers, memoria n° 30 de la conferencia.
- [4] B. S. Jones: Test Programming and Test Equipment at STC; Electronic Production Methods and Equipment, noviembre 1974, volumen 3, n° 9, págs. 11-12, 15, 22.
- [5] D. J. Smith y A. H. Babb: Maintainability Engineering; Londres, Sir Isaac Pitman and Sons Ltd., 1973, págs 111.

Alex Babb, alumno de ingreso del Imperial College y alumno de Kitchener, se graduó en comunicaciones eléctricas en 1939. Después de servir en los Royal Engineers, entró en Kolster Brandes Ltd. (compañía británica de ITT) en 1946. Su experiencia se extiende desde el diseño de aparatos de radio hasta sistemas de conmutación electrónica, pasando por emisoras de radio y equipos de ayuda a la navegación. Relacionado anteriormente con las técnicas de fiabilidad como inspector jefe de Brimar Valves (entonces una división de STC) (1951 a 1954), durante la introducción de la gama Trustworthy de válvulas electrónicas, volvió a este campo al participar en el programa británico de aterrizaje en todo tiempo con altímetros de radio y sistemas de aterrizaje por instrumentos. Funcionalmente es responsable de las actividades de eficacia del sistema en la División de Productos de Conmutación Electrónica de STC y pertenece a numerosos comités de ITTE, BSI y de la industria relativos a fiabilidad y mantenibilidad.

Sam Jones nació en Plaistow en 1927. Entró en STC en 1966 procedente de Addison Electric Co. Ltd., donde se ocupó como director técnico de instrumentación para automatización y control de procesos. Desde su ingreso en STC ha trabajado en la especificación y desarrollo de sistemas de pruebas automáticas y ha estado estrechamente ligado a la creación y desarrollo del PROTEST. Actualmente es jefe de ingeniería de pruebas de la División de Productos de Conmutación Electrónica de STC.

Roy Walton nació en Londres en 1938. Obtuvo su graduación en ingeniería como alumno externo de la Universidad de Londres en 1959 e ingresó en la Automatic Telephone and Electric Company de Liverpool como graduado en entrenamiento. En 1963 pasó a STC, New Southgate, al desarrollo de la conmutación telefónica electrónica. En 1970 fue nombrado jefe de los laboratorios de realización del sistema TXE 4. A principios de 1976 fue nombrado jefe del proyecto de planificación y coordinación de la División de Productos de Conmutación Electrónica. El Sr. Walton es miembro del Institution of Electrical Engineers.

Medida de las propiedades de transmisión de las fibras ópticas

Ahora que la atenuación en fibras ópticas se ha reducido hasta un nivel comercialmente aceptable, la primera preocupación consiste en que este parámetro proporcione un medio para el estudio de los parámetros más complejos que condicionan la calidad de la transmisión.

M. CHOWN

R. WORTHINGTON

Standard Telecommunication Laboratories Limited, Harlow, Reino Unido

Introducción

Durante los primeros años el progreso del desarrollo de fibras ópticas se realizaba concentrando toda la atención sobre la atenuación óptica, dado que el requisito previo más importante para un sistema viable de comunicación óptica de larga distancia, es una pérdida reducida. Actualmente en que se dispone de varios tipos de fibras de bajas pérdidas y se están desarrollando sistemas en proporción creciente, se ha ampliado el esfuerzo en la evaluación de las fibras.

La elección de los parámetros que se habrán de medir y de las condiciones de la medida, se realizará en función de las consideraciones de diseño del sistema [1]. El requisito de diseño más importante consiste en maximizar la distancia entre repetidores, y en este punto la limitación viene determinada primariamente por la atenuación y la distorsión de la señal, que aumentan con la longitud del tramo de fibra. La atenuación global incluye no solamente la pérdida de dispersión y absorción inherentes a la propia fibra [2, 3], sino también la debida a la aplicación de la potencia óptica desde la fuente, y la de unión (empalme). La distorsión de la señal procede primariamente de la dispersión de impulsos [2, 3] o de la limitación de la anchura de banda, la cual puede surgir, por ejemplo, de un efecto de caminos múltiples en la fibra multimodo debido a las diferentes velocidades de propagación de los distintos modos.

Otras fuentes de distorsión, tales como efectos no lineales de la fibra con elevadas intensidades ópticas, diafonía, adición de ruido óptico o de impulsos de eco debidos a reflexiones múltiples, pueden ser mantenidas a un nivel lo suficientemente bajo para que sea despreciable en sistemas digitales, por lo que no serán consideradas aquí.

Estas consideraciones demuestran que atenuación y dispersión en función de la longitud son los parámetros clave, junto con el ángulo de aceptación (apertura numérica A.N.), diámetro del núcleo y concentricidad, los cuales afectan a la eficacia del ataque del haz luminoso a la fibra y de los empalmes. Desafortunadamente estos parámetros no se pueden separar completamente, así como tampoco está predeterminada su dependencia de la longitud, de forma que la elección del procedimiento de medida no es evidente.

Además de medidas de importancia para el diseñador del sistema, se hacen medidas de diagnóstico relacionadas con el desarrollo de la fibra. Por ejemplo, el diseñador del sistema está interesado en las pérdidas a longitudes de onda de alrededor de 850 nm, pero las medidas en una amplia gama espectral permiten penetrar en el mecanismo de pérdidas e identifica las impurezas que contiene. Ello da lugar

a que la mayor parte de los esfuerzos sobre medidas en STL se hagan en esta categoría.

Las medidas que se están llevando a cabo en STL se clasifican en cinco grupos principales:

- Atenuación de la fibra
- Absorción de la fibra (y material en bloque)
- Pérdidas por dispersión de la fibra
- Dispersión de impulsos
- Perfil del índice de refracción de la fibra.

Varias técnicas que se están utilizando en STL han tenido que ser omitidas, o descritas muy brevemente. Estas incluyen: medida del diámetro de la fibra, medida de la atenuación en funcionamiento, medidas de los diagramas de radiación a gran distancia y técnicas para medidas en la instalación. Tampoco se tratarán aquí las propiedades mecánicas y ambientales, que también son importantes para el diseñador de cables.

Medidas en fibra multimodo

La fibra multimodo con perfil de índice de refracción gradual puede tener una dispersión suficientemente baja, lo que la hace aceptable para sistemas con vanos largos, aunque generalmente es lo bastante alta para resultar una limitación crítica en el diseño del sistema. Comparadas con las fibras monomodo, tienen mayores ventajas en el ataque desde la fuente luminosa y en el empalme, pero no obstante presentan complicaciones en la medida, e incluso en la especificación de los parámetros fundamentales.

La principal contribución a la dispersión de impulsos se encuentra en la gama de velocidades de propagación de los modos, y en la fibra de índice gradual esta gama de velocidades se puede hacer mucho menor que en la de índice escalonado. Las complicaciones de la medida provienen del hecho de que la atenuación y dispersión por unidad de longitud depende de la distribución de los modos. Los modos de mayor pérdida caerán antes y el cambio resultante en la distribución modal conduce a una variación de atenuación y dispersión por unidad de longitud (a lo largo de la fibra). Un segundo factor es la conversión modal, pues la energía transportada por un modo se transfiere a otros, bien abruptamente en una imperfección, o bien de una forma gradual similar a la difusión. Esto puede ser facilitado por la fabricación en cable, probablemente debido a microcurvas que se sabe son causa del acoplamiento de modos.

Estas consideraciones demuestran que los resultados dependerán ampliamente de las condiciones de la excitación y de la longitud de la fibra medida. Considérese por ejemplo la medida del ángulo de aceptación. Se puede demostrar que en una fibra corta, la luz proyectada dentro de $\pm 15^\circ$ se propaga, de manera que puede aceptar una gran

proporción de la luz del laser semiconductor. Sin embargo, si los modos de orden alto (ángulos de inyección mayores), se atenúan más y se desprecia la conversión de modos, solamente la luz emitida dentro de $\pm 5^\circ$ puede contribuir significativamente a la señal recibida en el extremo de una fibra larga, de modo que el ángulo efectivo de aceptación dependerá de la longitud.

Otros problemas se presentan en los modos de fuga [2] y por la posible conversión de modos en las uniones.

Afortunadamente, en una fibra que tenga coeficientes de conversión de modos constante a lo largo de su longitud, la distribución de modos tiende hacia un equilibrio [4]. Para fibras en que se ha establecido este equilibrio dinámico, la atenuación es proporcional a la longitud, mientras que la dispersión de impulsos tiende a hacerse proporcional a la raíz cuadrada de la longitud. Por consiguiente, emitiendo una distribución de equilibrio de modos se simplificaría la interpretación de las medidas, especialmente cuando sus conclusiones se están aplicando al diseño de sistemas con vanos largos donde, probablemente, la emisión equilibrada sea la alternativa más conveniente del sistema.

Para otros sistemas que no sean de vanos largos, la emisión equilibrada puede no ser la mejor solución, y se necesitaría una información adicional tal como las medidas que indican la emisión en toda la apertura.

Medidas ópticas en STL

Medidas de atenuación de la fibra

Básicamente se realizan dos tipos de medidas de atenuación: espectral y de longitud de onda única. Las medidas espectrales se utilizan para encontrar los picos de absorción debidos a impurezas metálicas, picos debidos al agua y picos de dispersión [5]. El equipo de medida espectral de la pérdida utiliza un monocromador y una fuente de luz blanca, (Fig. 1), y tiene una longitud de onda en el margen de 500 nm a 1100 nm. La medida espectral se realiza casi siempre en la fibra desnuda o primariamente recubierta, pero debido a que la forma de la curva desgraciadamente varía durante la subsiguiente extrusión de recubrimiento o en el cableado, se hacen medidas a lo largo de todas las etapas siguientes del proceso de cableado. La razón para ello es que el incremento de la pérdida debido al recubrimiento subsiguiente y al cableado es de radiación y para fibras multimodales casi independiente de la longitud de onda.

Las medidas que se efectúan a la longitud de onda de 850 nm son más rápidas de realizar y es probable que la fibra sea utilizada en la práctica a esta longitud de onda.

Ambas técnicas emplean ataque con haz único, es decir, se mide la luz transmitida en una longitud larga, generalmente varios kilómetros; la fibra se corta en una posición a 3,0 m del extremo de entrada y se mide la señal de esta longitud corta. Entonces se usa la relación de esta señal a la recibida en la longitud total para obtener el número de dB de pérdida de la fibra en el trozo largo que queda.

Utilizando esta técnica, la medida de la pérdida en fibras multimodo evidentemente depende de las condiciones de la emisión. Se emite el haz luminoso con una diámetro de enfoque mayor que el núcleo de la fibra y una apertura numérica del lanzamiento de $0,24 \pm 0,01$. En la técnica de medida a longitud de onda fija podemos variar la apertura numérica de lanzamiento del rayo mediante una serie de diafragmas (Fig. 2) desde 0,04 a 0,24 durante la medida, de forma que se pueda medir la pérdida a 850 nm en función de la apertura numérica del lanzamiento.

Se puede demostrar que en el caso de fibras multimodo graduales con perfil parabólico, cuando se transmiten todos los modos uniformemente, el 25% de la luz es transportada por los modos de fuga [6].

Se ha calculado la atenuación teórica de estos modos [7]. Por ejemplo, para una fibra con núcleo de $30 \mu\text{m}$ de diámetro, una apertura numérica de 0,2 y perfil parabólico, la potencia del modo de fuga de la fibra con una $\lambda = 0,85 \mu\text{m}$ es como sigue:

- extremo de entrada 25 %
- a 3 m 3,6%
- a 200 m 2,5%
- a 1 km 2,1%

De modo que cuando se mide esta fibra entre 3 m y 1 km, la atenuación será pesimista en $0,08 \text{ dB km}^{-1}$ a causa de la atenuación introducida por el modo de fuga.

Por esta razón parece probable que los modos guiados son, en bastante mayor proporción que los modos de fuga, los responsables de las principales variaciones de los valores de pérdidas que se obtienen utilizando varias condiciones de emisión.

Esta técnica (aparte de la medida a λ fija de la apertura numérica variable del ataque), probablemente da unos resultados algo pesimistas respecto al comportamiento óptico de la fibra. En consecuencia, también se realizan me-

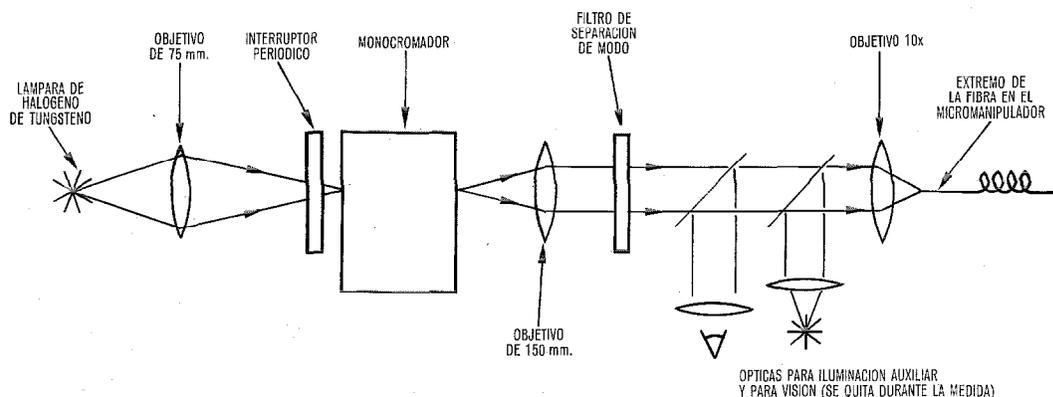


Fig. 1 Sistema para medida espectral de la atenuación (óptica).

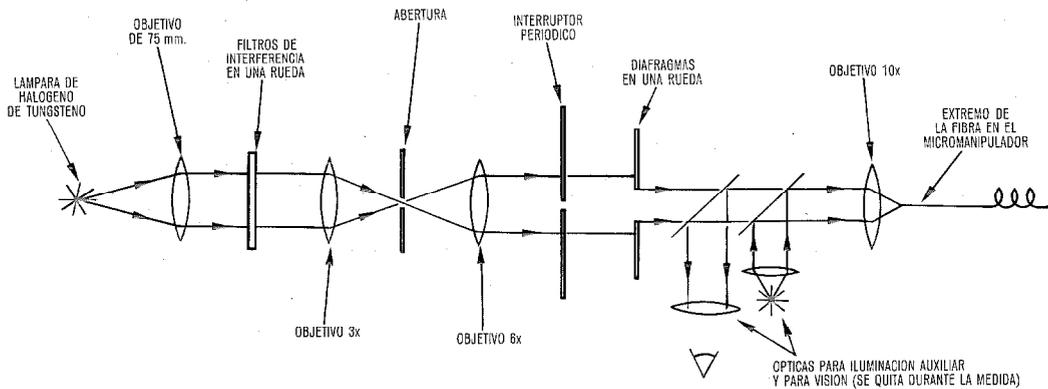


Fig. 2 Sistema para medida a longitud de onda fija de la atenuación (óptica).

didadas utilizando como fuentes láseres de AsGa del tipo usual en los sistemas actuales.

También estamos investigando el uso de un “mezclador” (scrambler) en la fibra entre el extremo de entrada y la posición a 3 m. El mezclador se utiliza para crear artificialmente una conversión modal muy elevada en una longitud corta, produciéndose así una distribución de equilibrio a la salida. En el caso de que una fibra multimodo sea suficientemente larga o bien tenga una conversión modal suficiente, creará una distribución que no cambiará de allí en adelante. La distribución angular que se puede observar como diagrama de radiación de campo lejano puede ser más ancha o más estrecha que la distribución del ataque. Hemos comprobado que el mezclador (scrambler) puede producir a su salida una distribución independiente de su entrada, pero no estamos convencidos todavía de que la salida sea la distribución de equilibrio.

Como se mencionó anteriormente, la fibra se mide en la mayor parte de las etapas de su fabricación en cable; para medir el cambio debido a cada etapa es importante que la fibra se mida siempre en las mismas condiciones. Por lo tanto las fibras desnudas o recubiertas primariamente que se enrollan sobre tambores se enfrían para reducir las pérdidas por microcurvas [8]; esto se realiza fácilmente puesto que el tambor de aluminio tiene un coeficiente de expansión térmica mucho mayor que el material de la fibra. Las fibras recubiertas por extrusión se miden en sus cajas. La entrada o extremo de ataque de la fibra se prepara generalmente mediante una máquina de cortar fibras [9].

Las figuras 1 y 2 muestran las disposiciones ópticas para medidas espectrales o de onda fija respectivamente. La figura 3 presenta el equipo auxiliar de medida. El margen dinámico del sistema del monocromador es de 25 dB (a 850 nm) en una fibra de índice gradual de $\text{GeO}_2:\text{SiO}_2$ con núcleo de $30 \mu\text{m}$ de diámetro. Para el equipo de longitud de onda fija que utiliza filtros de interferencia, es de 39 dB (a 850 nm). Empleando un laser de AsGa el margen dinámico es de cerca de 55 dB, pero no es tan estable como una lámpara de halógeno de tungsteno y un filtro de interferencia, a menos que se utilice una realimentación para el control de salida de la luz.

La precisión de las medidas de atenuación viene limitada fundamentalmente por la repetibilidad que se puede obtener (en un tiempo razonable) de la señal de salida de la fibra. La incertidumbre total en la pérdida es generalmente

$200/\Delta L$ dB/km, donde ΔL está en metros, por ejemplo $\pm 0,2$ dB/km para una longitud de 1 km.

Medidas de absorción en la fibra (y material en bloque)

De la curva de atenuación espectral no se puede predecir, generalmente, la curva exacta de absorción. Esto se debe a que las componentes de absorción y dispersión de la pérdida son de un orden de magnitud similar, y para fibra de $\text{GeO}_2:\text{SiO}_2$ la dispersión en ciertos casos es mayor del 50% de la pérdida.

La técnica empleada para medir la pérdida de absorción es similar a la que desarrollaron K. I. White y J. E. Midwinter [10]. Se mide la subida de temperatura debida a la absorción de energía con un termopar (Figs. 4 y 5) como parte del calorímetro para medida de fibras.

Como fuentes para realización de las medidas en 9 longitudes de onda de la zona visible del espectro hasta 800 nm y también a 1060 nm, se usan láseres de ión de krypton y de Nd:YAG.

El extremo de la fibra se pasa por el interior de un tubo capilar (b en Fig. 4) que la coloca con precisión dentro de un delgado tubo de sílice desnuda alrededor de cuya parte exterior lleva arrollado un termopar de $25 \mu\text{m}$ de diámetro. El tubo de sílice se puede llenar a través de los tubos (a) con metanol para obtener un buen contacto térmico entre la fibra y el tubo de sílice. Como referencia se utiliza una fibra en un segundo montaje idéntico.

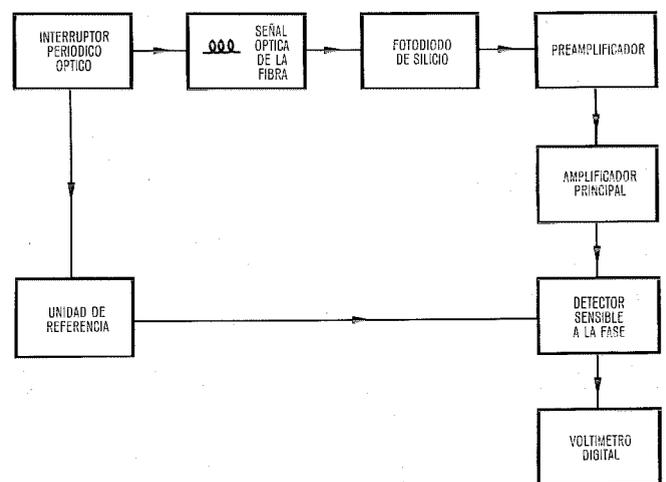


Fig. 3 Equipo de medida de la atenuación (electrónica).

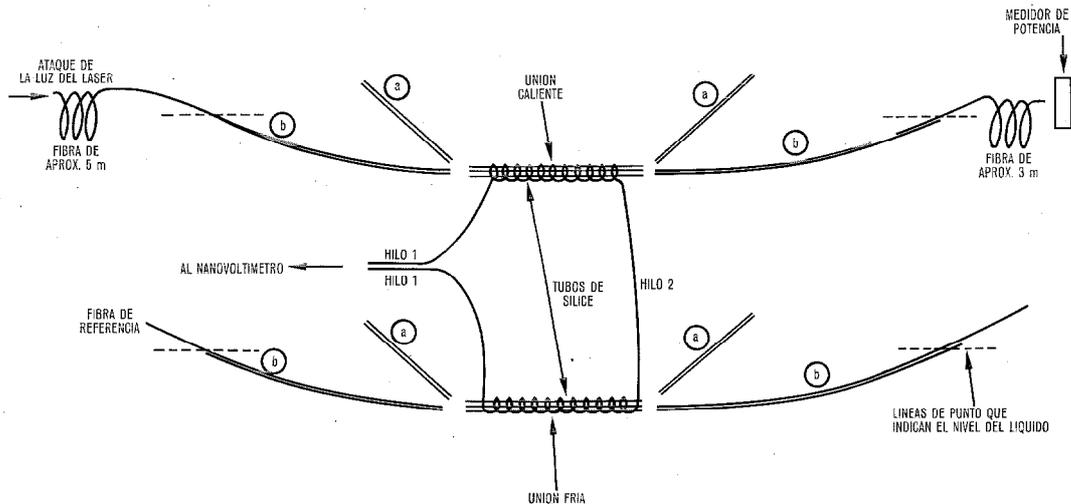


Fig. 4 Equipo de medida de absorción en fibra: calorímetro.

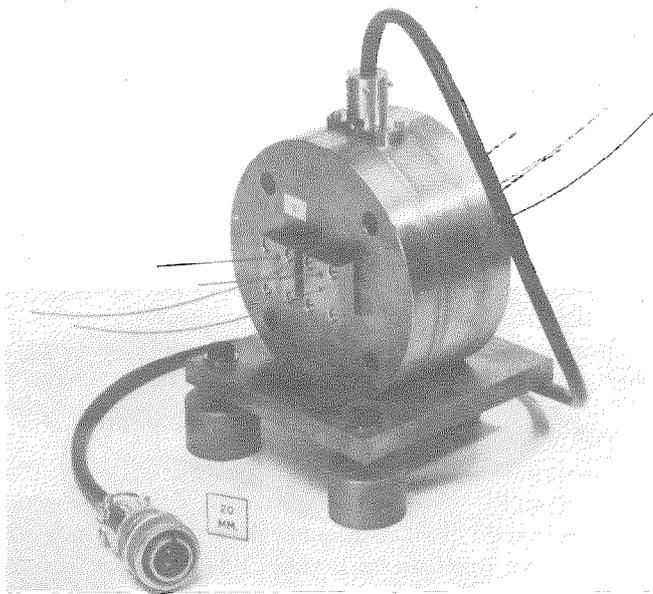


Fig. 5 Calorímetro.

Con este equipo se han realizado medidas de absorción tan bajas como $0,57 \pm 0,11$ dB/km en 1060 nm. En este caso la potencia óptica propagada fue de 250 mW, y la fibra se pasó tres veces a través del calorímetro para triplicar el efecto del calentamiento.

Medida de la pérdida de dispersión de la fibra

La figura 6 muestra la esfera integradora de pérdidas de dispersión, que ha sido diseñada para medir la pérdida de dispersión en una longitud corta; sin embargo la fibra puede ser pasada para ver como cambia la pérdida de dispersión a lo largo de la fibra y para aislar centros discretos de dispersión para su estudio.

Como fuentes se utilizan los láseres de ión de krypton y Nd:YAG de forma que se puede realizar la medida espectral por un método similar a los practicados con la absorción.

La cavidad se construyó de bronce por mecanización y evaporación de una capa fina de aluminio en el interior para prevenir ataques y formación de sales de cobre coloreadas resultantes de la interacción química con la pintura blanca. El aluminio también sirve como capa para incrementar la reflectividad.

Se emplea tetracloruro de carbono como líquido adaptador de índices en la esfera para fibras de sílice, puesto que proporciona una buena adaptación del índice a las longitudes de onda en cuestión, tiene baja pérdida óptica y es compatible con la pintura.

La fibra que se está midiendo pasa una vez a través de la cavidad por medio de los tubos 1 y 2 que están alineados exactamente uno frente a otro. El tubo 3 se utiliza para medir la luz procedente del extremo de la fibra. El tubo 4 es para que el aire escape al llenar o llegar a la parte superior de la cavidad a través del tubo 2 y también facilita la eficacia en la medida de la esfera.

Para la medida no se necesitan filtros neutros de densidad, debido al gran margen dinámico y a la buena linealidad del fotodiodo.

La repetibilidad de las medidas de dispersión utilizando esta técnica es del orden del 5%, mientras que errores sis-

Para ambas medidas de absorción en la fibra y en el material en bloque (con el que se emplea otro calorímetro), se comprueba la subida de temperatura en el centro, y los extremos se unen térmicamente para eliminar los efectos de extremos (en el caso de la pérdida del material en bloque éstas están causadas por las pérdidas en la superficie de la muestra).

La teoría establece el procedimiento para calcular la pérdida de absorción de la fibra a partir de la curva de calentamiento o enfriamiento, la potencia óptica propagada, y la capacidad térmica del metanol que rellena los tubos de sílice [10]. El calorímetro se puede calibrar también, utilizando una fuente de calor conocida en la forma de una corriente a través de un hilo delgado que reemplaza a la fibra. La calibración produce un valor de la capacidad térmica a un 6% del que se calculó a partir de las masas y calores específicos.

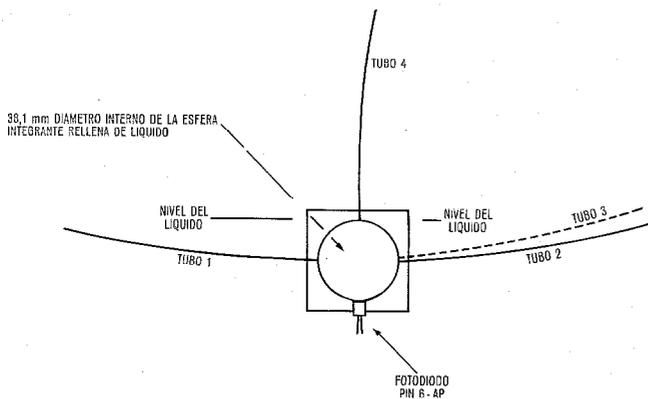


Fig. 6 Esfera integrante de pérdidas de dispersión.

temáticos pueden alcanzar el 10%, es decir, la forma de la curva de pérdida de dispersión será exacta en el 5%, pero la curva puede desplazarse un 10% arriba o abajo.

Con objeto de medir únicamente la contribución Rayleigh a la pérdida de dispersión, se debe tener cuidado para asegurar que solamente los modos de orden bajo ataquen al extremo de entrada (esto es posible utilizando fuentes laser de ión krypton y Nd:YAG).

La longitud de la fibra entre el extremo de ataque y la célula de dispersión es aproximadamente 5 m en una bobina suelta y unos 10 m entre la célula y el extremo de salida. Cuando se mide la señal dispersa, el extremo de salida se sumerge en el líquido de adaptación de índices para evitar reflexiones en la luz que está siendo captada por la célula.

Medidas de dispersión de impulsos

La dispersión de impulsos se mide en STL por medio de la inyección en la fibra de un impulso óptico de duración menor que 1 ns, y observando la anchura del impulso ensanchado recibido en el otro extremo. Otra alternativa consiste en atacar con una señal óptica continua modulada con barrido de frecuencia, y midiendo la amplitud para obtener el ancho de banda directamente en términos del dominio de frecuencia. Se ha llegado a establecer que los resultados de estos dos métodos, "dominio de tiempo" y "dominio de frecuencia", son consecuentes siempre que las condiciones del ataque sean similares, así que se puede elegir cualquiera que interese.

El resultado de los experimentos de dispersión de impulsos en el dominio del tiempo depende de la forma del impulso de entrada, y de la respuesta del receptor utilizado en el experimento. Es normal efectuar las correcciones, y dar el resultado como una "respuesta de impulso" de la fibra, $h(t)$. Este es el impulso de salida que se obtendría con un impulso de entrada infinitesimalmente corto (impulso, o función delta), y un receptor ideal.

La respuesta de impulso se obtiene del impulso de salida del receptor $f_2(t)$, cuando se pasa un impulso a través de la fibra, y el impulso de salida $f_1(t)$ obtenido en idénticas condiciones excepto que la fibra se ha eliminado. La relación es:

$$f_2(t) = h(t) \otimes f_1(t) \tag{1}$$

donde \otimes indica la convolución. Esta ecuación puede aproximarse, en el caso de que los tres impulsos se aseme-

jen a una forma gaussiana, mediante la fórmula mucho más simple

$$T_2^2 = T_b^2 + T_1^2 \tag{2}$$

donde T_1 , T_2 y T_b son las anchuras de los impulsos para la amplitud media de $f_1(t)$, $f_2(t)$ y $h(t)$.

Esta ecuación es útil para conseguir una corrección rápida de los parámetros del equipo, y también permite estimar la resolución del equipo. Tomando valores típicos, si $T_1 = 1,0$ ns y si el ensanchamiento de un impulso ($T_2 - T_1$) de 50 ps se pueden medir con precisión, entonces $T_2 = 1,050$ ns, y de esta forma $T_b = 320$ ps. Esto demuestra una fuerte degradación de la resolución que tiene lugar cuando la dispersión a medir es menor que el ancho del impulso directo determinado por la calidad del equipo. Por otra parte si $T_b \geq 2T_1$, entonces $T_b \geq T_2$ dentro de un 12%.

La ecuación (1) o (2) se utiliza no solamente para obtener un resultado independiente del equipo, $h(t)$, para la dispersión de impulso de la fibra, sino también para calcular la forma del impulso de salida $f_2(t)$ que se produciría en un sistema caracterizado por $f_1(t)$.

En las figuras 7 y 8 se muestran las partes esenciales del equipo. La figura 9 es una fotografía de uno de los equipos de STL. El generador de impulsos excita al laser semiconductor con un impulso de corriente de 40 ns que sirve de pedestal a un pico de 0,5 ns superpuesto, para producir un corto impulso óptico. La salida del laser se enfoca sobre la fibra y desde allí a un fotodiodo de avalancha o pin con una pequeña porción que no pasa por los divisores de haz. La salida del fotodiodo se amplifica y se aplica a un osciloscopio de muestras. Mediante la selección del retardo de disparo (trigger delay) al generador de impulsos, se puede ver

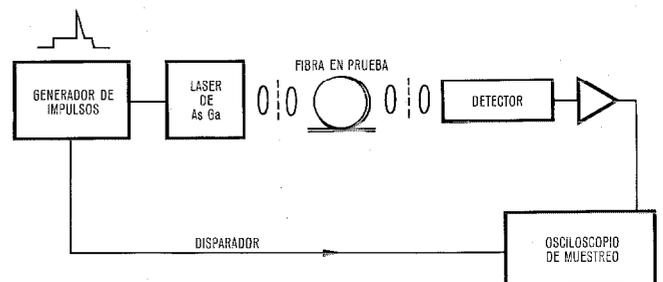


Fig. 7 Diagrama simplificado del sistema de medida de dispersión de impulsos en la fibra.

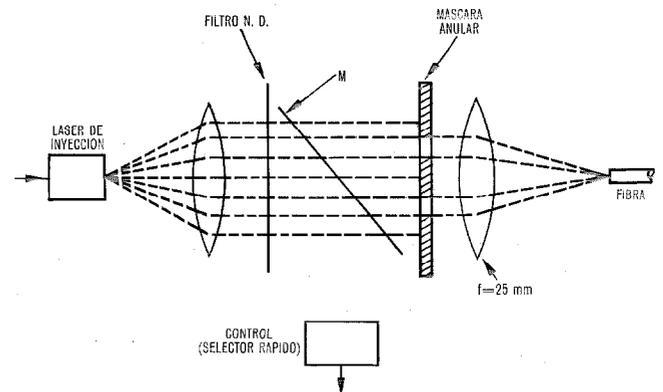


Fig. 8 Sistema óptico de ataque para medidas de dispersión.

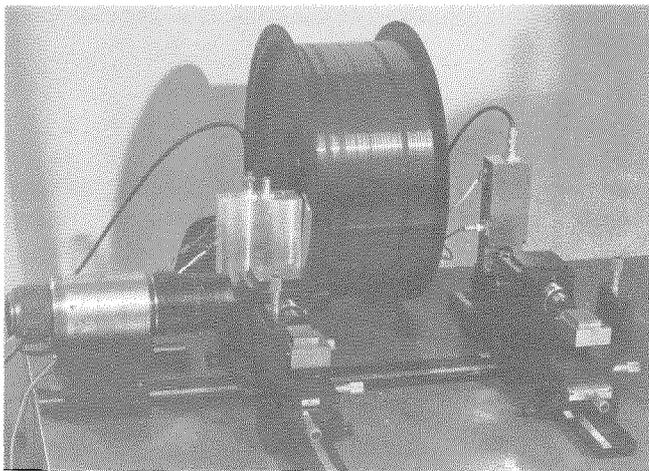


Fig. 9 Equipo de medida de la dispersión en la fibra usado en STL.

la salida de la fibra o el impulso directo. La salida del osciloscopio de muestras puede ser vista o fotografiada directamente. Alternativamente, cuando se usa una fibra de pérdida alta, se puede conseguir una sensibilidad considerablemente mayor mediante el empleo de una exploración lenta, integrando la salida del campo de la muestra, y representándolo en un registrador $x-y$.

En la figura 10 se muestra un ejemplo de impulso de salida. La anchura para la amplitud mitad es de 17,5 ns, siendo despreciable la corrección para el impulso directo de 0,8 ns. La longitud de la fibra es de 1,8 km y la dispersión es bastante elevada debido a que el perfil del índice no es el óptimo. La forma es típica de una fibra que tiene solamente una ligera mezcla de modos. La demostración de baja mezcla de modos en esta fibra se obtiene de la variación del ángulo de entrada o salida al núcleo de los rayos emitidos y recibidos, utilizando las máscaras que aparecen en la figura 8; esto da la variación esperada en las formas de los impulsos recibidos.

Con fibras que presentan impulsos de salida casi Gausianos, generalmente se comprueba que la elección de las ópticas de emisión y recepción no afecta a la forma del im-

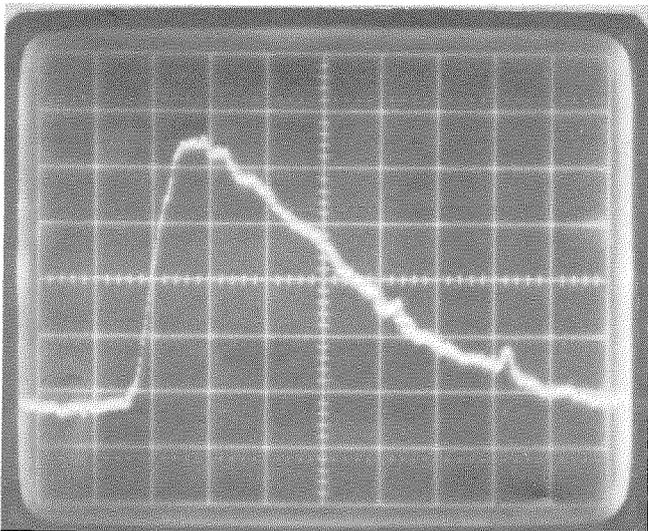


Fig. 10 Dispersión de impulsos de una fibra de sílice de 1,8 km.

pulso, siendo ambas observaciones consistentes con la presencia de mezcla de modos. Las pruebas de dependencia con la longitud han sido también consecuentes con las observaciones que muestran dependencia lineal para baja mezcla de modos, y dependencia con la raíz cuadrada donde hay una considerable mezcla de modos en la longitud de la prueba.

Se han medido algunas fibras en cada etapa de la construcción de un cable, — es decir la fibra desnuda (en un tambor enfriado), recubierta, trenzada y por último puesta la cubierta del cable — y se ha comprobado, casi siempre, que cualquier cambio se encuentra en la dirección de la dispersión decreciente, incremento de la mezcla de modos e incremento de la atenuación. Todo ello está de acuerdo con la opinión de que el cableado afecta a la característica de las fibras a través de las microcurvas. Esta idea se refuerza por los resultados del enfriamiento de los tambores, que son convenientes para la reducción de las microcurvas cuando se reduce la tensión en el tambor.

El empleo de una técnica de lanzamiento de impulsos, en la que el impulso atraviesa la fibra varias veces, puede alcanzarse con espejos parcialmente reflectantes. Todavía no hemos comprobado convincentemente que los resultados no son invalidados en parte por la mezcla de modos que se puede producir en las reflexiones.

Experimentos adicionales han demostrado que la dispersión procede de la variación del índice de refracción con la longitud de onda. Generalmente este efecto es leve con láseres de banda estrecha, pero podría ser significativo con diodos electroluminiscentes LED de 40 nm de anchura de línea. Se realizó la medida, mediante el empleo de dos láseres con una separación de la longitud de onda de 50 nm, exagerando así el efecto. Para sílice, la dispersión del material es de alrededor de 80 ps/km por nm de anchura de línea de la fuente.

El equipo de medida de la dispersión se ha utilizado para observar reflexiones en irregularidades (grietas o roturas) y conectores, y así se han establecido las bases de un detector de irregularidades actualmente en desarrollo. La medida de las reflexiones en los empalmes se comprobó que son una medida parcial de su calidad.

Es vital considerar el efecto de los empalmes en la dispersión, que puede resultar de la conversión de modos, y se ha comenzado el estudio experimental de este tema.

Medidas del perfil del índice de refracción de la fibra

El perfil del índice de refracción de una fibra multimodo de índice gradual, puede describirse mediante la ecuación.

$$n_r = n_{max} [1 - 2\Delta (r/a)^\alpha]^{1/2} \quad (3)$$

donde

n_r — índice de refracción en el radio r

n_{max} — índice de refracción máximo

Δ — $(n_{max} - n_2)/n_{max}$

n_2 — índice de la cubierta

a — radio del núcleo de la fibra

α — exponente que depende del perfil del índice de refracción. Se hace infinito para una fibra de índice escalonado

tal como se ha establecido en un artículo previo de esta serie [3]. Se ha demostrado [6] que el valor óptimo de α para

minimizar la diferencia de retardo de grupo entre modos guiados es:

$$\alpha = 2 - 2\Delta \quad (4)$$

así que la importancia de las medidas del perfil del índice está en la minimización de la dispersión del impulso.

La técnica empleada [11] es la recíproca de la técnica normal de campo próximo [12]. Para más detalles véanse las figuras 11 y 12. Básicamente consiste en la exploración con un pequeño punto de luz a través del extremo de entrada de una fibra, al tiempo que se mide la potencia total transmitida en una longitud corta.

El laser de krypton trabaja normalmente a 647,1 nm, pero se pueden realizar medidas a 800 nm (α puede cambiar ligeramente con la longitud de onda). La resolución espacial de la técnica la produce la expansión del haz, el filtrado espacial y el enfoque de la luz con un objetivo de microscopio de 50x sobre el extremo de la fibra. El diámetro calculado del punto de luz es de 1,2 μm - este es el diámetro al cual la intensidad es $1/e^2$ de su valor máximo. En la práctica, se resuelven perfectamente los picos del perfil separados 0,8 μm .

El extremo de la fibra está cogido con un micromanipulador; el movimiento transversal de la fibra se mide con un calibre electrónico, cuya salida se puede llevar a un registrador x-y. Un divisor de precisión del haz (para no degradar el tamaño del punto) permite obtener una señal de referencia. Las dos señales se llevan a un aparato medidor de relación que compensa las posibles variaciones del nivel de entrada de potencia del laser. El cambio en la potencia del transmisor, cuando la fibra es explorada transversalmente, puede ser registrada respecto a la posición del extremo de la fibra. Para convertirla en perfil del índice, la potencia transmitida debe ser corregida de la presencia de los rayos de fuga, tal y como se ha discutido ya [7].

Un valor de Δ se puede determinar de la medida del perfil de reflexión [13, 14], lo que exige solamente una ligera modificación del equipo descrito. La repetibilidad del valor de Δ obtenido es de $\pm 0,002$, pero la precisión del valor de α que se obtiene mediante la técnica de reflexión es pobre, típicamente $\pm 0,3$.

Conclusiones

Las medidas ópticas rutinarias que se están realizando en STL han producido una realimentación que ha permitido mejorar continuamente la atenuación y la dispersión de las fibras. También han suministrado los datos necesarios para el diseñador de sistemas, por ejemplo la información de dispersión necesaria para el diseño de ecualizadores.

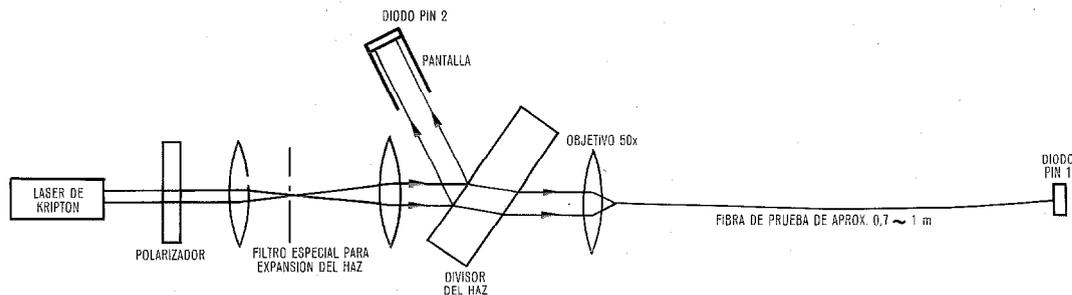


Fig. 11 Equipo de medida del perfil del índice de refracción (óptica).

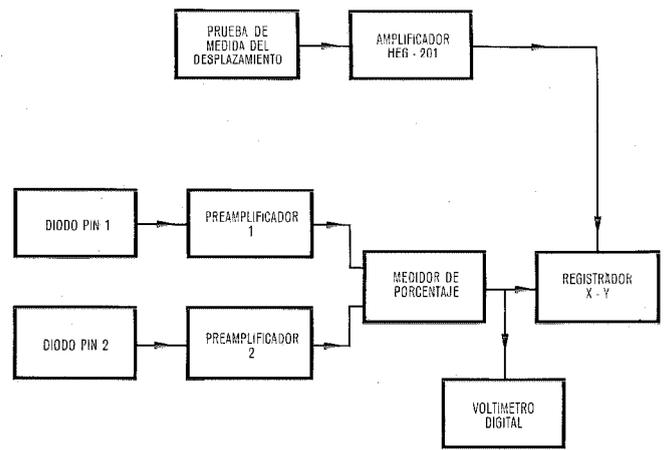


Fig. 12 Equipo de medida del perfil del índice de refracción (electrónico).

Posteriores mejoras en los equipos de medida deberán incluir una adaptación para la medida de cables instalados en el campo, medidas de dispersión y pérdida por equilibrio modal y el aumento de comprobaciones de atenuación en el curso de la fabricación de la fibra y el cableado.

Agradecimiento

Los autores quieren dar las gracias a sus colegas de STL, en todos los campos relacionados con las fibras ópticas, en particular a los miembros del equipo de medidas, G. J. Cannell, I. S. Few, K. C. Byron y H. Sunak. También nos gustaría mencionar a M. M. Ramsay, P. W. Black y R. W. J. Uffen por sus muchos útiles comentarios sobre las técnicas de medida en STL y al Dr. J. E. Midwinter, K. I. White y J. R. Stern del Departamento de Investigación del Post Office.

Referencias

- [1] C. P. Sandbank: Comunicaciones por fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975) n° 1, págs. 21-29.
- [2] M. M. Ramsay, G. A. Hockham y K. C. Kao: Propagación en guíaondas de fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975) n° 3, págs. 176-183.
- [3] P. W. Black: Fabricación de guíaondas de fibra óptica; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 51 (1976) n° 1, págs. 4-12.
- [4] S. D. Personick: Time Dispersion in Dielectric Waveguides; Bell System Technical Journal, marzo 1971, Vol. 50, n° 3, págs. 843-859.
- [5] P. Kaiser: Drawing-Induced Coloration in Vitreous Silica Fibers; Optical Society of America Journal, abril 1974, Vol. 64, n° 4, págs. 475-481.

Medida de las propiedades

- [6] M. J. Adams, D. N. Payne y F. M. E. Sladen: Mode Transit Times in Near-Parabolic-Index Optical Fibres; *Electronics Letters*, 7 agosto 1975, Vol. 11, n° 16, págs. 389-390.
- [7] M. J. Adams, D. N. Payne y F. M. E. Sladen: Length Dependent Effects Due to Leaky Modes on Multimode Graded-Index Optical Fibers; *Optics Communications*, mayo 1976, volumen 17, n° 2, págs. 204-209.
- [8] W. B. Gardner: Microbending Loss in Optical Fibers; *Bell System Technical Journal*, febrero 1975, Vol. 54, n° 2, págs. 457-465.
- [9] D. Gloge, P. W. Smith, D. L. Bisbee y E. L. Chinnock: Optical Fiber End Preparation for Low-Loss Splices; *Bell System Technical Journal*, noviembre 1973, Vol. 52, n° 9, págs. 1579-1588.
- [10] K. I. White y J. E. Midwinter: An Improved Technique for the Measurement of Low Optical Absorption Losses in Bulk Glass; *Opto-electronics*, julio 1973, Vol. 5, n° 4, págs. 329-334.
- [11] J. E. Midwinter: Comunicación privada.
- [12] D. N. Payne, F. M. E. Sladen y M. J. Adams: Index Profile Determination in Graded Index Fibres; *Proceedings of the Conference on Optical Fibre Communication*, Londres, 16-18 septiembre 1975, Londres, Institution of Electrical Engineers, 1975, Conference Proceedings n° 132, págs. 43-45.
- [13] W. Eickhoff y E. Weidel: Measuring Method for the Refractive Index Profile of Optical Glass Fibres; *Optical and Quantum Electronics*, marzo 1975, Vol. 7, n° 2, págs. 109-113.
- [14] M. Ikeda, M. Tateda y H. Yoshikiyo: Refractive Index Profile of a Graded Index Fiber: Measurement by a Reflection Method; *Applied Optics*, abril 1975, Vol. 14, n° 4, págs. 814-815.

Robin Worthington nació en Londres en 1947. Obtuvo el grado de BSc Physics en el University College de Londres en 1968. Desde que ingresó en STL en 1968 ha trabajado con el grupo de comunicaciones ópticas. El Sr. Worthington es actualmente Research Engineer responsable de las medidas ópticas en fibras.

Martin Chown se graduó en ingeniería en la Cambridge University en 1962. Después de un corto período en la industria regresó a Cambridge donde obtuvo el grado de PhD. Ingresó en STL en 1968 y desde entonces ha trabajado en sistemas de comunicaciones ópticas.

SE205 – Una serie de radioteléfonos compactos

SEL ha desarrollado un nuevo tipo de equipos radiotelefónicos de pequeño tamaño para uso profesional en redes radiofónicas civiles. Además de su tecnología avanzada, su reducido tamaño y una capacidad versátil de ampliación, una característica particular de estos equipos (desde el punto de vista técnico) es su principio de ajuste automático de frecuencia.

H. P. KETTERLING

M. P. KLEIN

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

Introducción

Los avances en el campo de los componentes electrónicos y en particular el rápido desarrollo de circuitos integrados, permite ahora la realización de equipos radiotelefónicos compactos y de pequeño tamaño para aplicaciones en vehículos y estaciones fijas a un coste razonable. Al mismo tiempo, es posible aumentar la fiabilidad y obtener un mejor servicio a la vez que puede reducirse el coste en las pruebas y ajustes. Puede también simplificarse el control y operación de los equipos, beneficio que será particularmente apreciado por los usuarios de equipos para vehículos.

Por las razones anteriores, SEL decidió desarrollar y comercializar una nueva serie de radioteléfonos denominada SE205 para sustituir a los equipos de la presente generación SE57. Esta nueva serie está a la venta desde fines de 1975 y ha sido un éxito en los mercados nacional y de exportación.

Concepción

Con objeto de obtener un espectro de equipos que cubran un amplio campo de aplicaciones y adecuados también para cubrir futuras necesidades, se exigió a los nuevos equipos radiotelefónicos SE205 que deberían cumplir tanto las regulaciones del Centro de Ingeniería de Telecomunicaciones (FTZ) de la Administración Federal Alemana como las especificaciones CEPT (La Conférence Européenne des Administrations, des Postes et des Télécommunications) aplicables internacionalmente en el margen de temperatura comprendido entre -20°C y 55°C .

Los equipos se han diseñado para funcionar en las bandas de VHF y de UHF, utilizando separaciones entre canales de 25 kHz, 20 kHz y de 12,5 kHz, si es necesario. Como modos de operación se pueden utilizar simplex y semi-duplex. En el caso de funcionamiento semi-duplex la separación entre las frecuencias de transmisión y de recepción es variable dentro de amplios límites. El tipo de modulación normalmente utilizado es el de modulación de fase; bajo pedido especial también se puede utilizar modulación de frecuencia. En particular, para funcionamiento en frecuencias comunes se ha desarrollado una versión con sólo un canal de RF. Para usuarios que dispongan de varios canales, existe una versión de equipo que posee hasta seis canales. La potencia de salida de RF es ajustable de 1 W hasta 10 W.

Para llamada selectiva se ha especificado el sistema secuencial de cinco tonos (se toman cinco de diez frecuencias dadas) de acuerdo con el ZVEI (Comité Central de la Industria Electrotécnica). Se dispone de varias versiones de los detectores y generadores de llamada selectiva y de su-

plementos para funciones especiales de manera que pueden adaptarse fácilmente a especificaciones de sistemas especiales.

Un requisito especial impuesto a los equipos radiotelefónicos SE205 es el de la sintonía automática, mediante diodos varactores, de los bloques funcionales de banda estrecha y alta frecuencia hasta los márgenes determinados por las frecuencias de transmisión y de recepción. Los diodos varactores se controlan mediante divisores de voltaje asociados con los cristales del canal.

Los equipos de la serie SE205 han sido concebidos para construcción modular utilizando bloques funcionales enchufables. Las tolerancias de nivel en los contactos del conector están, pues, definidas de una forma precisa y han de cumplirse en el proceso de fabricación con objeto de asegurar la intercambiabilidad de los bloques funcionales sin necesitar reajuste.

El principio de construcción adoptado asegura un servicio cómodo de reparación de los equipos. Con la ayuda de un dispositivo de prueba, los bloques funcionales defectuosos pueden localizarse con facilidad.

Como en los vehículos el espacio para la instalación de equipos adicionales está ordinariamente restringido y es fundamental la seguridad de los pasajeros, se especifica también que las dimensiones de los radioteléfonos SE205 no deberán exceder a los de un radioreceptor de coche, para permitir su instalación en el lugar de dicho receptor utilizando los dispositivos de montaje disponibles en el comercio. Además, se dispone también de un dispositivo de montaje de seguridad especial para colocarlo en cualquier lugar del vehículo.

Diseño mecánico

Una tarjeta de alambrado impreso principal, fija en un marco abierto por un lado, monta todos los bloques funcionales que son independientes de la frecuencia del canal, como son los circuitos de FI, los circuitos de AF, el estabilizador de voltaje y una unidad de indicaciones (Fig. 1). Los bloques funcionales se conectan a la tarjeta principal mediante conectores dorados. El cableado se realiza en tecnología de circuito impreso.

La unidad básica se complementa para formar un equipo radiotelefónico por la adición de un bloque funcional de RF que contiene el transmisor con el radiador de calor, la sección de entrada de recepción, la parte generadora de frecuencia y el conmutador de antena. Los bloques de RF, que tienen diferente clasificación según los diferentes márgenes de frecuencia disponibles, determinan el alcance de funcionamiento de los radioteléfonos. Las unidades de cristal se enchufan en los bloques de RF que contienen,

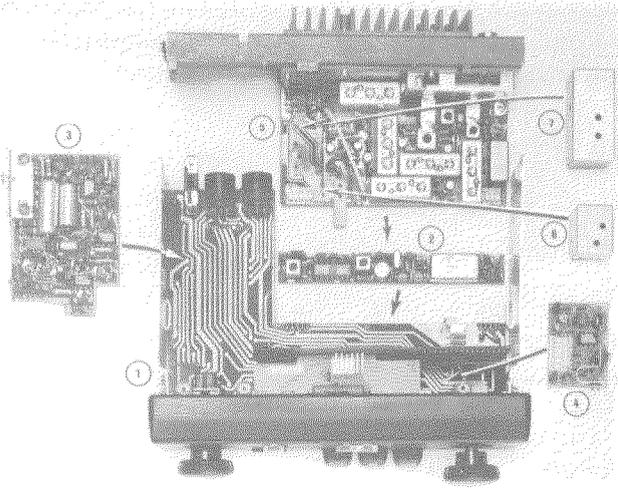


Fig. 1 Diseño modular del equipo de canal único para la banda de 0,7m.

1. Tarjeta principal con marco y placa frontal
2. Módulo de FI
3. Módulo de AF
4. Estabilizador de tensión
5. Módulo de RF con disipador de calor
6. Módulo del cristal del receptor
7. Módulo del cristal del transmisor.

además de los cristales de canal, los divisores de tensión para el ajuste automático de los radioteléfonos.

También los bloques de llamada selectiva se enchufan en el equipo radiotelefónico propiamente dicho. Sin estos bloques el equipo radiotelefónico puede funcionar para servicio no codificado.

El equipo radiotelefónico completo está contenido en una caja metálica. El lado frontal está protegido por una cubierta de plástico o, cuando se dispone en el alojamiento del receptor de radio del coche, mediante una placa carátula (Fig. 2). Las dimensiones de los equipos de un solo canal son 40mm x 180mm x 133 mm (altura x anchura x profundidad). Para equipos de 6 canales la profundidad es 160mm.



Fig. 2 Equipo radiotelefónico SE205 instalado en un coche como un receptor de radio.

1. Receptor de radio
2. Radioteléfono SE205 de SEL
3. Conmutadores del vehículo.

Elementos de control e indicación

Los elementos de control e indicación se hallan colocados en la parte frontal del equipo con una clara disposición. La figura 3 muestra un equipo de seis canales. En los equipos de un solo canal se han omitido el conmutador selector de canal (1) y el conmutador de simplex/semiduplex (W/BG) (2).

El indicador (8) LED de 7 segmentos, verde, situado a la izquierda, se asigna al canal de RF y simultáneamente sirve como indicador de la tensión de funcionamiento, mientras que el indicador numérico rojo de la derecha indica el último dígito variable del generador secuencial de llamada selectiva de cinco tonos. En el caso de equipos de un solo canal, la indicación del canal de RF se sustituye por un LED verde que al mismo tiempo sirve para dar la indicación de "disponible" del equipo. El funcionamiento semi-duplex se indentifica mediante el punto decimal de la indicación del canal de RF.

Un LED rojo (10) indica la condición de ocupado del canal de RF y un LED amarillo (11) señala una llamada selectiva.

Funcionamiento eléctrico del equipo de un solo canal

En el diagrama de bloques de la figura 4 se muestra el principio eléctrico de los equipos de un sólo canal para las bandas de 2 m y de 0,7m.

Receptor

La sección receptora de la versión de 2 m, es sintonizable electrónicamente sobre una anchura de banda de 28 MHz. Se ajusta inicialmente en fábrica y se sintoniza luego automáticamente a la frecuencia de recepción enchufando el módulo del cristal receptor en el bloque de RF. Se utiliza un mezclador en anillo para la conversión a la frecuencia intermedia primera de 21,4 MHz, que ofrece la ventaja de una eliminación más fácil de la frecuencia imagen en comparación con la habitual FI de 10,7MHz. Puesto que también la ganancia total de la sección de entrada, incluyendo el mezclador, es sólo ligeramente superior a la unidad, se

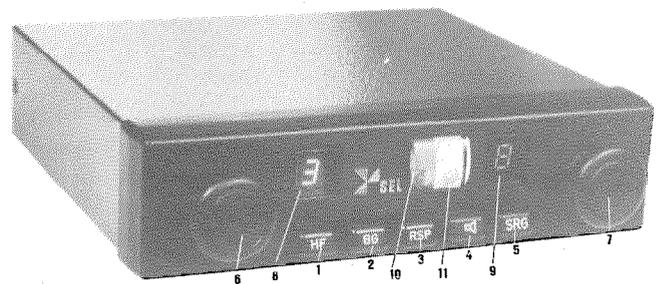


Fig. 3 Vista del equipo de seis canales.

1. Selector del canal de RF
2. Conmutador simplex/semi-duplex
3. Silenciador CONECTADO/DESCONECTADO
4. Altavoz CONECTADO/DESCONECTADO
5. Selector del código de llamada
6. Control de volumen y CONECTADO/DESCONECTADO de la tensión de funcionamiento
7. Llave de llamada
8. Indicación de canal de RF (verde)
9. Indicación del código de llamada selectiva (roja)
10. Indicación de ocupado (rojo)
11. Indicación de llamada (amarillo).

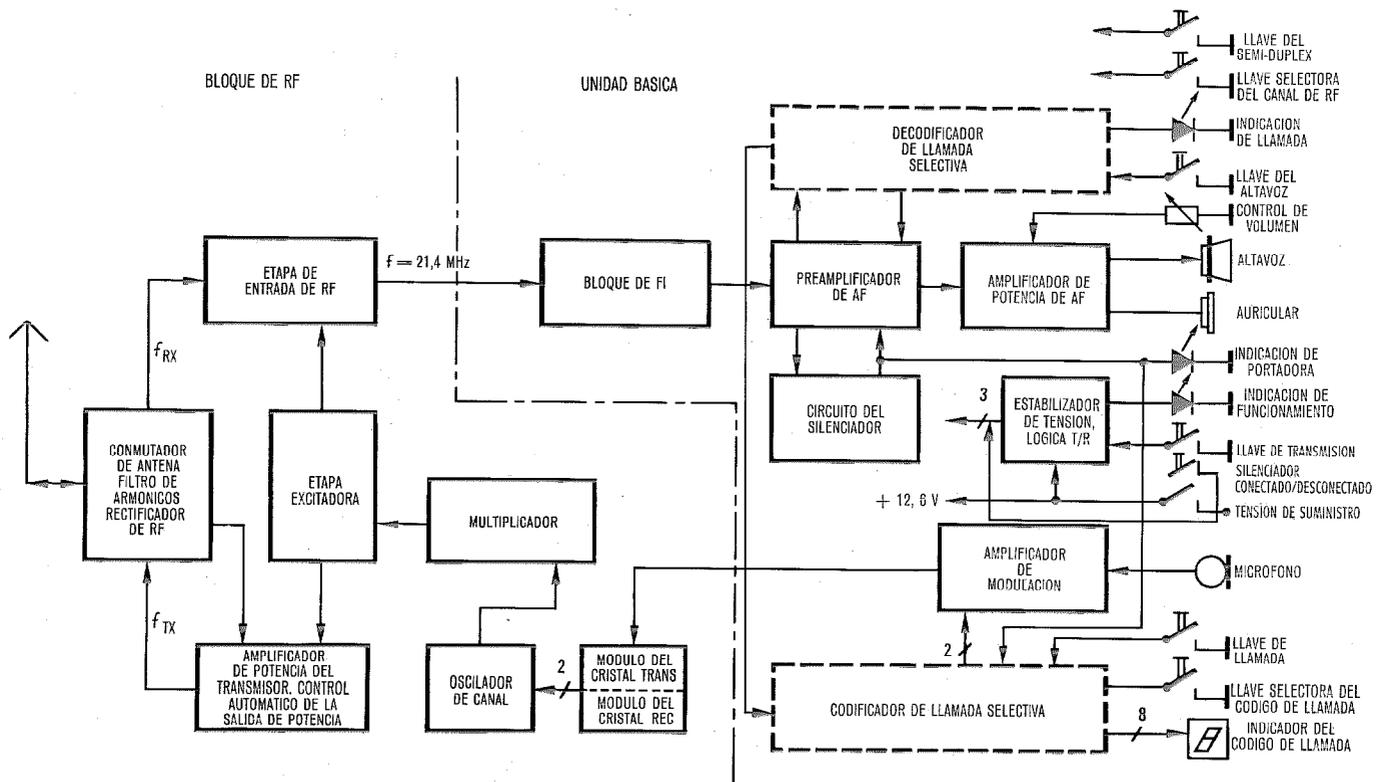


Fig. 4 Diagrama de bloques del equipo de canal único.

consigue una alta inmunidad a la interferencia de modulación entre canales y el bloque. La sección de entrada de 0,7 m contiene dos filtros de banda en hélice de tres circuitos con una anchura de banda fija de 20 MHz sintonizados a la banda de 440–460 MHz o a la de 450–470 MHz, dependiendo de la versión del equipo.

La selectividad del canal se obtiene mediante un solo filtro de cristal de 21,4 MHz. Después de este filtro, el voltaje de la señal se convierte a 455 kHz, se amplifica y se limita mediante dos circuitos integrados. Puesto que la adaptación del filtro de cristal es invariable, sólo es necesario alinear un circuito para la segunda frecuencia intermedia y el circuito desfasador en el demodulador doblemente equilibrado.

La señal demodulada se procesa en la sección de AF mediante varios circuitos integrados. Después de pre-amplificación, de énfasis y filtraje en un filtro activo paso bajo RC, el camino de la señal se bifurca. La señal para la salida del auricular se lleva a través de un conmutador electrónico que está sólo controlado por el circuito del silenciador, mientras que la señal para el amplificador del altavoz, que puede entregar 4 W sobre 4 ohms, se lleva a través de otro conmutador que está controlado por el circuito silenciador y el decodificador de llamada selectiva. El circuito silenciador evalúa el espectro de ruido alrededor de 20 kHz en un filtro activo paso banda RC y controla al LED rojo para la indicación de ocupado.

Generación de frecuencia

El corazón de la parte de generación de frecuencia es un oscilador sintonizable que está conectado con el módulo del cristal receptor o con el del cristal transmisor, depen-

diendo de la condición de funcionamiento seleccionada. El módulo del cristal transmisor y el oscilador juntamente forman un oscilador de cristal controlado por voltaje que está modulado en frecuencia o modulado en fase por la señal de salida del amplificador de modulación. También se ajusta en esta etapa la desviación de pico que depende del cristal transmisor particular.

Con las estaciones móviles de 2 m y 0,7 m, la variación de temperatura del cristal puede hacerse suficientemente pequeña para cumplir la precisión de frecuencia requerida. Sin embargo, los requisitos más severos respecto a la precisión de frecuencia de las estaciones fijas no pueden garantizarse sin medidas especiales, principalmente debido a las inevitables tolerancias del ángulo de corte de los cristales causados por las dispersiones de fabricación.

Para resolver el problema, se ha encontrado una nueva y elegante solución partiendo del hecho de que, en el margen de temperatura de los equipos radiotelefónicos para aplicaciones civiles, la tolerancia del cristal puede corregirse con suficiente precisión mediante una compensación lineal de temperatura. El módulo del cristal transmisor de la estación fija contiene un circuito que produce dos tensiones, una que aumenta linealmente con la temperatura y otra que decrece linealmente con la temperatura. A cada cristal se le asigna un divisor de tensión que deriva una tensión con la respuesta de temperatura requerida. Esta tensión de compensación equilibra aproximadamente la desviación de temperatura del cristal a través de un diodo varactor. Los cristales utilizados son los mismos que en los equipos móviles. De esta manera, las estaciones fijas están dispuestas para funcionar inmediatamente y ofrecen una buena precisión de frecuencia sin que requieran hornos de cristal ni,

por tanto, tiempos de calentamiento. Si es necesario, también puede utilizarse la misma disposición para lograr una extensión considerable del margen de temperatura de funcionamiento en las aplicaciones móviles sin necesidad de cristales de más elevada precisión. Además, el circuito elegido es mucho más sencillo que las soluciones conocidas para osciladores de cristal con compensación de temperatura convencionales.

En el equipo de 2m la señal del oscilador es posteriormente doblada y amplificada. Las frecuencias no deseadas se suprimen mediante circuitos sintonizables electrónicamente en una banda de 50 MHz aproximadamente, y que en el caso de recepción funcionan en paralelo con la sección de entrada a una frecuencia desplazada 21,4 MHz. La sintonía se controla mediante módulos de cristal. A la salida del multiplicador se dispone de las señales del amplificador de salida de transmisión y del mezclador de recepción.

El oscilador y el multiplicador del equipo de 0,7m son de banda ancha y no necesitan resintonía. La multiplicación se realiza en dos etapas. La frecuencia del oscilador, después de ser doblada y filtrada como en el equipo de 2m, pasa a una etapa triplicadora y a otro filtro. Ambos filtros multiplicadores son filtros de banda en hélice de tres circuitos.

Transmisor

La señal ofrecida a la entrada del micrófono se pre-amplifica y se lleva a través de un conmutador electrónico que bloquea el camino de conversación durante la señalización. En el amplificador limitador de pre-énfasis posterior, que sirve para una limitación de la desviación exacta y simétrica, la señal sufre otra amplificación y es luego limitada en su anchura de banda en un filtro activo paso bajo RC. Esta función requiere varios circuitos integrados.

La señal de AF es de nuevo procesada en la parte de generación de frecuencia y aplicada al pre-amplificador de transmisión. En una y otra banda la señal de transmisión experimenta otra amplificación en un amplificador híbrido de potencia de banda ancha. La potencia de salida de RF se mantiene constante dentro de estrechos límites mediante un circuito regulador, independientemente de las variaciones de temperatura y de la tensión de suministro. La salida de transmisión o la entrada de recepción se conectan

con la antena mediante un conmutador de antena electrónico.

Funcionamiento eléctrico de los equipos multicanales

Los equipos multicanales con cristal simple difieren de los equipos de canal único solamente en la parte de generación de frecuencia (Fig. 5). El corazón de esta parte es un oscilador controlado por tensión con bucle de bloqueo de fase que es capaz de generar un máximo de cuatro frecuencias diferentes. De estas frecuencias, dos están asociadas directamente con el transmisor, y dos con el receptor para la conversión de la frecuencia de canal a la primera frecuencia intermedia. Para la generación de las cuatro frecuencias, el bucle de bloqueo de fase funciona con dos osciladores de referencia diferentes cuyas frecuencias pueden sumarse o restarse de una frecuencia f_K de referencia estabilizada por cristal, específica para el canal particular, con la ayuda del bucle de bloqueo de fase. En este proceso se aprovechan las excelentes características del bucle de bloqueo de fase con objeto de suprimir los productos indeseados de la mezcla. Para ampliar el margen de sincronización, el bucle de bloqueo de fase posee un oscilador de exploración.

Dependiendo de la posición de la banda de frecuencia de transmisión, se necesitará una u otra de las dos frecuencias inferiores del transmisor mientras que, una de las dos frecuencias superiores se asigna al receptor, de acuerdo con el modo de funcionamiento. En el caso de receptores conmutables de los equipos con funcionamiento en simplex y en semi-duplex, son necesarias ambas frecuencias de recepción, es decir, un total de tres frecuencias.

En los equipos con seis o menos canales en la banda de 2m, la frecuencia f_K de referencia de canal se genera mediante un oscilador de cristal conmutable, siguiendo el mismo principio que en los equipos de un solo canal. Este oscilador se interconecta electrónicamente con uno de los módulos de cristal; las frecuencias de canal asignadas pueden distribuirse aleatoriamente en la banda de frecuencias. Cada módulo de cristal contiene una resistencia que determina las tensiones necesarias para los circuitos sintonizados electrónicamente. El desplazamiento de frecuencia de 21,4 MHz necesario en el cambio entre transmisión y recepción se efectúa mediante conmutación electrónica,

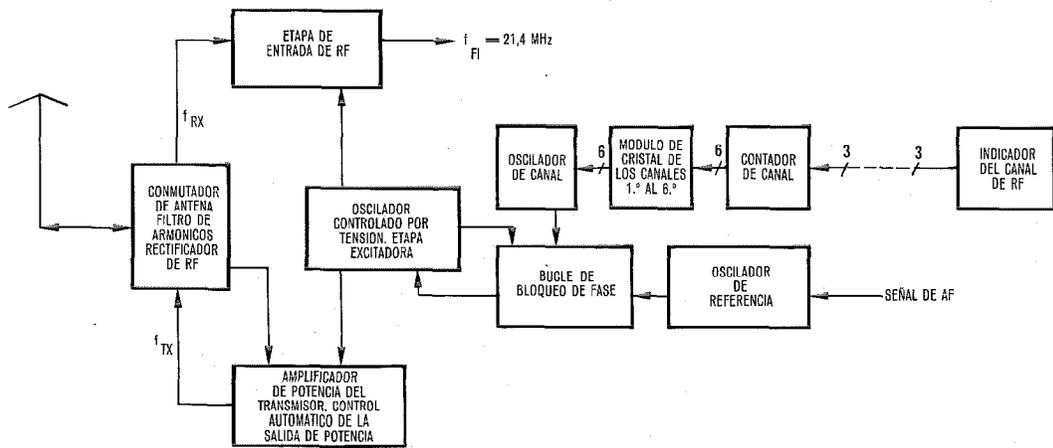


Fig. 5 Diagrama de bloques del conjunto funcional de RF en el equipo de seis canales para la banda de 2m.

por medio de un diodo pin, de un circuito sintonizado del oscilador regulado en fase y controlado por tensión. La conmutación de las frecuencias del oscilador de referencia se controla por un circuito lógico CMOS en función de la tensión de funcionamiento del receptor y del criterio semi-duplex. La codificación de los modos de funcionamiento se realiza mediante puentes insertados en el oscilador de referencia diseñado en forma de módulo enchufable. Se puede utilizar funcionamiento simplex, semi-duplex o conmutación entre los dos modos de funcionamiento. En el oscilador de referencia se produce también la modulación.

La conmutación de canal se efectúa mediante un botón pulsador que cuando se presiona momentáneamente conmuta al siguiente canal pero con actuaciones de un segundo o más vuelve al canal uno. El canal seleccionado se muestra mediante indicadores luminosos LED de siete segmentos. Si después de alcanzar el número del canal superior se presiona otra vez el botón, el radioteléfono vuelve automáticamente al primer canal. Para codificar el número del canal, sólo es necesario disponer adecuadamente los módulos de canal en las posiciones marcadas de manera continua a partir de 1.

Módulos de llamada selectiva

Todos los módulos de llamada selectiva se han diseñado haciendo uso extensivo de elementos lógicos en tecnología CMOS para el control de secuencia y de amplificadores operacionales para la generación de señales analógicas. Estos componentes se caracterizan por un consumo de potencia muy bajo.

La versión normalizada es un módulo combinado codificador y decodificador para llamadas secuenciales de cinco tonos que utiliza una secuencia seleccionable libremente, tanto para la llamada como para la recepción de la señal de llamada. Cuando se utiliza con codificador, la unidad normalmente está sólo activada por el botón de llamada. Sin embargo puede también usarse como generador de señal de identificación, en cuyo caso entrega un código de identificación a cada operación de la llave de transmisión. Cuando se utiliza como generador de señal de confirmación, la combinación de llamada, que entonces sirve como un acuse de recepción, se transmite de manera automática, después de la evaluación de la combinación de llamada y el cese de la portadora. Después de la recepción y evaluación de una secuencia de tono de llamada, se actúa un flip-flop que conecta la salida del altavoz y simultáneamente enciende el diodo luminiscente amarillo. La desconexión del altavoz se realiza manualmente presionando la llave del altavoz. Cuando se ha evaluado una señal de llamada, se genera un criterio de llamada de aproximadamente dos segundos que puede utilizarse para activar fuentes de señal de llamada, según se desee. La versión normalizada descrita puede complementarse mediante un accesorio de llamada colectiva y de grupo y una unidad de llamada de emergencia, ambas diseñadas como módulos enchufables. Una llamada de grupo viene señalada por un "0" en el 3°, 4° ó 5° dígitos.

La generación de las secuencias del tono de llamada en el módulo de llamada selectiva se realiza por medio de un ge-

nerador LC que para la evaluación de la secuencia de tono funciona como amplificador selectivo. Las frecuencias de tono se cambian mediante transistores de conmutación que cambian las tomas de una bobina bajo el control de una secuencia temporizada.

Si se desea establecer sistemas de llamada selectiva con mayor flexibilidad, puede disponerse de codificadores y decodificadores independientes. El decodificador consta principalmente de amplificadores operacionales y componentes CMOS que pueden también suplementarse mediante el accesorio de llamada colectiva y de grupo citado anteriormente, funciona con un filtro LC conmutable y puede codificarse para cualquier secuencia de cinco frecuencias de tono de las diez disponibles, utilizando una clavija de codificación. Su contrapartida es un generador de señal de identificación diseñado en la misma tecnología. Este generador permite también seleccionar la secuencia de cinco tonos mediante una clavija y puede complementarse mediante la unidad de llamada de emergencia.

Puesto que en muchas aplicaciones se necesitan codificadores con varias combinaciones de llamada, el generador de señal de identificación se ha ampliado convirtiéndolo en un codificador que permite la transmisión de diez combinaciones de llamada diferentes. En este caso, los cuatro primeros dígitos son siempre los mismos, pero el último es de libre selección. La selección se hace mediante un botón pulsador cuyo funcionamiento es similar al del selector de canal de RF. El último dígito de la combinación seleccionada se indica mediante una representación de siete segmentos. Esta versión del generador puede suplementarse con un accesorio de confirmación de llamada que puede ajustarse a una secuencia de cinco tonos separada.

Desde finales de 1975, los equipos radiotelefónicos SE.205 han estado en funcionamiento con gran éxito en el mercado de dentro y fuera de Alemania.

Referencia

- [1] P. Brüggemann, M. Klein, W. Smitka: Sistema de radio móvil para longitudes de onda de 7 a 0,7 metros. El nuevo SE-57; *Comunicaciones Eléctricas*, Vol. 47(1972)Nº3, págs. 156-164.

Manfred Klein nació en 1934 en Berlín. De 1953 a 1959 estudió telecomunicaciones en la Universidad Técnica de Berlín. Después de obtener su diploma, trabajó como colaborador científico en el departamento de tecnología de alta frecuencia en la Universidad hasta su promoción a Doctor-Ingeniero.

El Dr. Klein ingresó en SEL de Berlín en 1966 como ayudante del Ingeniero-Jefe del departamento de desarrollo de equipos de radio y en 1970 fue nombrado Ingeniero-Jefe para el desarrollo de equipos de radiomóviles civiles. De 1972 a 1975 dirigió el Grupo de Productos de Equipos Móviles de Radio de SEL. En 1976 fue nombrado Director de Operaciones de la Línea de Productos de Radiodifusión y Comunicaciones Móviles de Radio.

Hans-Peter Ketterling nació en Berlín en 1941 y de 1961 a 1968 estudió ingeniería de comunicaciones en la Universidad Técnica de Berlín. Durante los últimos tres años, antes de obtener su diploma, trabajó también sobre comunicaciones en dicha Universidad. En 1969 se incorporó a Standard Elektrik Lorenz AG en Berlín. Desde 1970 es Jefe del laboratorio de investigación básica y sistemas en la sección de desarrollo para equipos móviles de radio civiles.

Comunicaciones por satélite para y desde aviones

Se describe un sistema para transmisión de datos especialmente útil para comunicaciones entre una estación terrestre y numerosos aviones a través de un satélite. El sistema se basa en acceso múltiple por división de tiempo; necesita sólo un sencillo control de bloques de impulsos de fase y se aplica tanto a satélites síncronos como a los no síncronos. Su funcionamiento es sencillo y seguro.

R. AUBELF

H. HAEBERLE

Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

Introducción

La vigilancia del tráfico aéreo en amplias áreas, por ejemplo, sobre el Atlántico sólo es posible, hasta el presente, en pequeña escala. Aparte de algunos pocos informes referentes a la posición mediante comunicación vocal, no existe comunicación alguna de larga distancia entre el avión y la tierra. La introducción de una vigilancia efectiva y, si es necesario, de un control, mediante una estación terrestre, presupone una transmisión de la información de largo alcance. En la actualidad, pueden aplicarse con este objeto las comunicaciones mediante satélites.

Las ventajas de la comunicación por satélite no se restringen a la cobertura de una área extensa y, por tanto, a la transmisión de largo alcance. La posibilidad de acceso múltiple es una característica particular de las comunicaciones por satélite que nos permite conectar muchos aviones y estaciones terrestres entre sí en una red de tipo malla. Además en un futuro, hará posible integrar la vigilancia y control de aviones juntamente con la navegación dentro de un sistema de satélites. Además de estas ventajas del sistema, existe otra ventaja que se refiere a la transmisión, debido a que comunicación por satélite puede realizarse a frecuencias más elevadas. Esto da como resultado una menor degradación de las señales transmitidas por la atmósfera y la ionosfera en comparación con la comunicación directa de largo alcance avión-estación terrestre sin la mediación de un satélite.

El problema se describe sobre la base de una configuración de sistema que es típica para la situación presente de la vigilancia del espacio aéreo. Supongamos la existencia de un enlace vocal así como la de un enlace de datos hacia y desde cada aeroplano. Por razones de fiabilidad, ambos servicios deben ser independientes uno de otro. Debido a la creciente automatización de la vigilancia del espacio aéreo, los enlaces de datos realizarán cada vez más funciones de las que, hasta el presente, llevaban a cabo los enlaces vocales. Por consiguiente, los enlaces de datos aumentarán su importancia mientras que los enlaces vocales quedarán relegados a funciones de enlaces de pura urgencia.

El sistema propuesto para comunicación entre una estación terrestre y aeronaves es también aplicable para comunicación entre barcos y una o más estaciones terrestres.

Objetivo

En la figura 1 se muestra esquemáticamente la configuración del sistema que incluye una estación terrestre y, por ejemplo, 120 aviones; en otro ejemplo se supondrán 240 aviones. Estos números no son un límite superior, sino realistas, incluso para el futuro, en comparación con el volumen de tráfico presente y previsible.

Tabla de abreviaturas

CDMA	- acceso múltiple por división de código
CPSK	- modulación por desplazamiento de fase coherente
DPSK	- modulación por desplazamiento de fase diferencial (modulación por desplazamiento de fase con codificación diferencial y, bien demodulación coherente, o bien demodulación coherente diferencial)
FDMA	- acceso múltiple por división de frecuencia
OTS	- satélite de prueba orbital (ESA)
TDMA	- acceso múltiple por división de tiempo

El funcionamiento debe ser posible tanto para satélites síncronos como para los no síncronos, por ejemplo, el Molnija. El mismo sistema debe, por supuesto, ser aplicable a comunicaciones directas entre aviones y la estación terrestre sin la mediación de un satélite.

Los enlaces de datos y los de frecuencia vocal son independientes unos de otros, y ambos se encaminan por sistemas separados con antenas diferentes. La tabla 1 muestra los datos esenciales del sistema sobre los que, a modo de ejemplo, se basa el sistema considerado en lo que se expone a continuación.

Enlace de datos

La extensión del tráfico de datos y la mejora de los enlaces automáticos de datos entre la estación terrestre y los aviones ofrece sobre todo las siguientes ventajas:

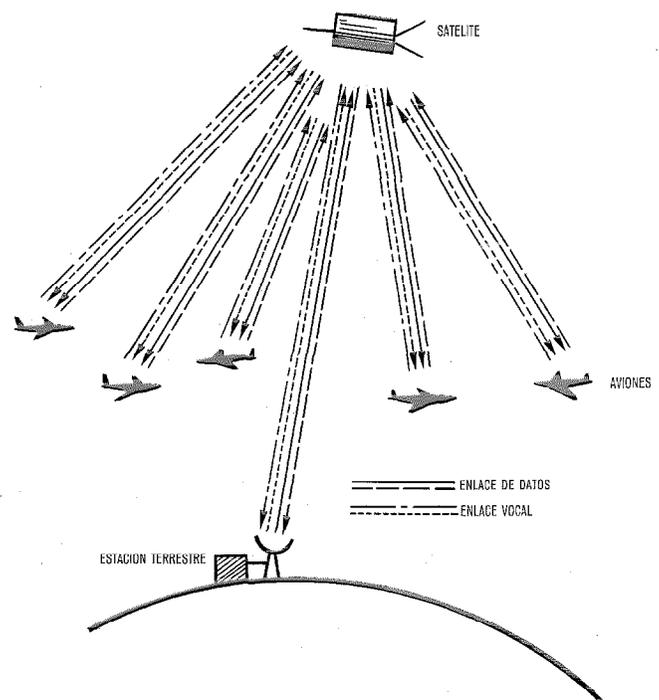


Fig. 1 Configuración del sistema propuesto.

Tabla 1 - Datos del sistema

Número de estaciones terrestres (ET):	1
Número de aviones (AV):	120
Enlace de datos ET → AV:	<ul style="list-style-type: none"> - datos a corto plazo, cada 10 seg. 120 indicaciones dirigidas, cada una de 108 bits - datos a largo plazo (tiempo atmosférico, programa de vuelo, etc.) juntamente en un canal de datos de 4,8 kbitios/s
Enlace de datos AV → ET:	108 bits por avión en intervalos de tiempo de 10s a 30min, funcionamiento totalmente automático
Enlace de conversión ET → AV:	radiodifusión o direccionamiento
Enlace de conversión AV → ET:	llamada selectiva o bajo interrogación

- ayuda al personal de la estación terrestre y del avión por reducción del tráfico de comunicación vocal;
- posibilidad de transmisión automática de mayor volumen de información;
- posibilidad de integración de la vigilancia, control y navegación.

El modo de funcionamiento indicado en la figura 1 necesita una red de comunicación de datos como la presentada en principio en la figura 2. Debe ser posible establecer enlaces desde la estación terrestre a todos los aviones y viceversa. El satélite sirve solamente como estación relevadora en esta red.

La configuración de red para la transmisión de datos, representada en la figura 2, consta de dos redes parciales completamente independientes. Una de ellas es una red de radiodifusión de datos desde la estación terrestre a todos los aviones. Esta red hace posible tanto la radiodifusión como la llamada selectiva.

Consta de un canal de radiodifusión de datos con una velocidad de transmisión de 4,8 kbits/s, tabla 1, que funciona de manera continua. Este canal de datos incluye en un orden fijo de sucesión los canales para los aviones particulares que contienen direccionamiento, número de identificación y datos a corto plazo, el canal para los datos a largo plazo y además la señal de comienzo de cuadro que define su periodicidad y se utiliza para sincronización del acceso múltiple de los aviones. Se ha elegido 10 segundos para la duración del cuadro.

La otra red es de acceso múltiple simplificado, a la que se piden los siguientes requisitos especiales:

- los aviones transmiten y la estación terrestre recibe (no existe red intermalla total);
- la velocidad de los datos es relativamente pequeña;
- los aviones transmiten su información con largos espaciamientos (10 segundos);
- como regla general, el enlace único de datos existe sólo algunas horas. Esto significa frecuentes captaciones ini-

ciales, lo que requiere una sencilla operación de captación en el comienzo.

Esta red de acceso múltiple puede realizarse, en principio, en múltiplex por división de tiempo (TDMA), múltiplex por división de frecuencia (FDMA) o múltiplex por división de código (CDMA). Sin embargo, una comparación de estos tres métodos de acceso múltiple muestra que el sistema TDMA ofrece ventajas esenciales para la presente aplicación [1].

Utilizando el sistema TDMA, los aviones transmiten su información periódicamente en forma de ráfagas de impulsos (bloques). La transmisión se realiza sin errores si los impulsos de los diferentes aviones no se solapan en el tiempo en el satélite.

Propuesta de sistema para la red de acceso múltiple de datos

Utilizando múltiplex por división de tiempo, todos los participantes necesitan un programa de tiempos común. Existen varias posibilidades para realizar esta temporización [1]. En la aplicación presente se prefiere que el programa de tiempos lo lleve a cabo la estación terrestre. Y puesto que este programa está, de todos modos, presente en los aviones, como cuadro de recepción, no es necesaria la sincronización adicional del sistema en los aviones. Para esta clase de sincronización del sistema, la señal de sincronización de cuadro (cuadro de recepción) se transmite fuera del cuadro de TDMA (cuadro de transmisión) utilizando una frecuencia diferente.

Esto ofrece la notable ventaja de que no es necesario tener en cuenta los retardos de tiempo absolutos y sus variaciones para la consecución del tiempo de guarda entre los bloques dentro del cuadro de TDMA (por ejemplo, las variaciones del retardo de tiempo para el satélite Molniya se elevan a 100ms), sino solamente las diferencias de retardo de tiempo relativas entre los bloques de los aviones individuales. Por consiguiente, el movimiento del satélite tiene escasa influencia en los tiempos de guarda de forma que este sistema es aplicable tanto a los satélites síncronos como a los no síncronos.

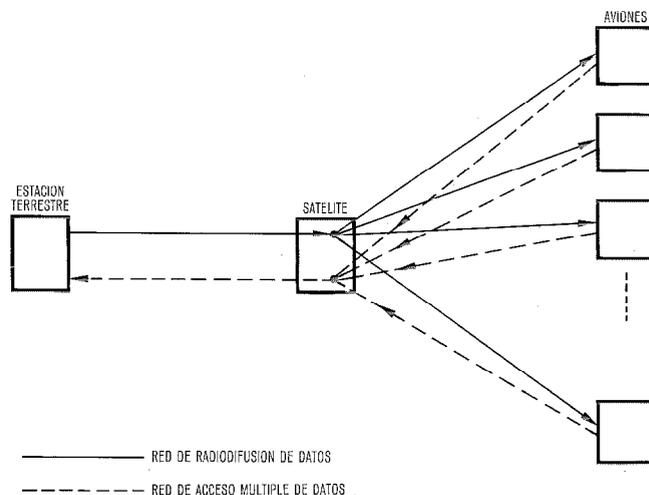


Fig. 2 Red de datos.

Propuesta primera de sistema

Organización del sistema

Debido al gran número de aviones y a su frecuente cambio, debe elegirse una organización del cuadro sencilla y segura. Lo que mejor se adapta a esto es una división fija del cuadro donde se deja libre un lugar fijo (número de identificación) dentro del cuadro para cada avión. La sucesión de aviones en el cuadro de transmisión del avión se determina de acuerdo con la sucesión de los aviones dentro del cuadro de transmisión de la estación terrestre. La duración del cuadro se elige de acuerdo con los intervalos de tiempo entre las transmisiones de aviones consecutivos, nominalmente $T_F = 10$ s. Teniendo en cuenta los 120 aviones, cada avión tiene una porción de cuadro (ranura de tiempo) de 83,4 ms. Está dividido entre el tiempo de transmisión real para el bloque y el tiempo de guarda para el bloque contiguo. La estación terrestre está transmitiendo continuamente la señal de comienzo de cuadro que se recibe en el avión y sincroniza su cuadro de transmisión. Además de esto, se da también el número de posición fijo (número de identificación) dentro del cuadro. Conociendo esto, puede calcularse el punto de comienzo de transmisión para el propio bloque de impulsos a partir del comienzo del cuadro. Este procedimiento de cálculo puede controlarse automáticamente por la estación terrestre si el contador correspondiente del avión se ajusta al anuncio del número de identificación.

En la figura 3 se ilustra el sistema múltiplex por división de tiempo del satélite. En esta presentación, el punto A debajo del satélite corresponde al avión que esté más próximo al satélite. Todos los demás aviones están más alejados. Por tanto, muestran ya a la recepción del cuadro de transmisión de la estación terrestre una diferencia de retardo de tiempo Δt_p . La misma diferencia de retardo de tiempo ha de sumarse una vez más para los bloques transmitidos. Por consiguiente, el cuadro de transmisión de cada avión presenta duplicada la diferencia de retardo de tiempo, $2 \cdot \Delta t_p$, en comparación del cuadro de transmisión del avión correspondiente al punto A cuando llega al satélite. En el satélite no hay solape de bloques si el tiempo de guarda es suficiente para compensar las máximas diferencias de retardo de tiempo y también las máximas variaciones de retardo de tiempo relativas no indicadas en la figura 3.

Tiempo de guarda

Se ha determinado el tiempo de guarda tanto para el caso de un satélite síncrono como para el de uno no síncrono.

Suponiendo en el caso de un satélite síncrono una área de cobertura circular con radio de 80 grados de longitud medida en el ecuador, el valor máximo de la diferencia de retardo de tiempo se ha encontrado $\Delta t_{p,max} = 23$ ms [3] y para ambos caminos $\Delta T_1 = 2 \cdot \Delta t_{p,max} = 46$ ms. Comparado con esto, las variaciones de retardo del satélite síncrono son muy pequeñas [1, 4]. Tomando en consideración, por ejemplo el satélite OTS, los cambios de latitud y longitud hasta un máximo de $\pm 0,1$ grado y una excentricidad de $e = 3 \times 10^{-4}$, el máximo tiempo de guarda requerido es $\Delta T_2 = 200 \mu s$. Las variaciones de retardo de tiempo causadas por el movimiento del avión totalizan un máximo de $\Delta T_3 = 22 \mu s$, por duración del cuadro, suponiendo una ve-

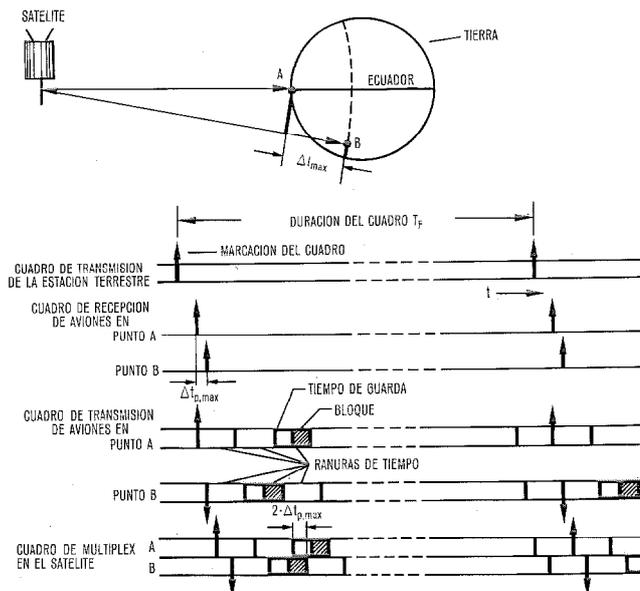


Fig. 3 Múltiplex por división de tiempo en el satélite.

- A - avión más próximo al satélite
- B - avión más distante al satélite (en el borde del área de cobertura)
- Δl_{max} - máxima diferencia de la distancia de dos aviones (A y B) desde el satélite
- $\Delta t_{p,max}$ - diferencia de retardo de tiempo de las señales desde el satélite a A y B.

locidad del avión de 2500 km/h. Sin embargo, esta variación de retardo de tiempo está ya cubierta por ΔT_1 . Por tanto, el tiempo de guarda necesario para satélites síncronos resulta ser $T_G = \Delta T_1 + \Delta T_2 \approx \Delta T_1 = 46$ ms.

Como ejemplo de satélite no síncrono consideraremos aquí el satélite Molnija. Este satélite evoluciona en una órbita elíptica con una distancia de apogeo de unos 40.000 km y una distancia de perigeo de 500 km. En este caso, la máxima diferencia de retardo de tiempo se ha encontrado también que es $\Delta T_{1,max} \approx 46$ ms. Comparados con esto los demás efectos sobre el tiempo de guarda son también despreciablemente pequeños. Por tanto, se ve que prácticamente el mismo tiempo de guarda es necesario para el satélite Molnija que para los satélites síncronos.

Estructura del bloque de impulsos

Para las consideraciones que siguen se ha elegido un tiempo de guarda $T_G = 48$ ms. Por consiguiente, al bloque real le corresponde $T_B = 83,4$ ms - 48 ms = 35,4 ms, que es el tiempo de transmisión por cuadro para cada avión.

La estructura del bloque es más sencilla que la de los sistemas TDMA usuales [4]. Se discute, pues, sólo brevemente. Se coloca un preámbulo al comienzo de la palabra de datos, figura 4. Consta de una secuencia de sincronización de, aproximadamente, 40 bits necesaria para la actualización del reloj de bits y restablecimiento de la portadora en el lado de recepción y también del código de arranque del bloque de 14 bits, aproximadamente, que marca el comienzo exacto de la palabra de datos. (El sistema DPSK con demodulación coherente diferencial no necesita restablecimiento de portadora, y por tanto la secuencia de sincronización puede hacerse más corta). Con

esto el preámbulo comprende 54 bitios. Juntamente con la palabra de datos de 108 bitios supone una velocidad de 4,55 kbitios/s. Esto sugiere elegir la misma velocidad que para la transmisión de la estación terrestre, es decir, 4,8 kbitios/s.

Equipo terrestre y de a bordo

Como se ha dicho anteriormente el equipo se instala, siempre que sea posible, centralizado en la estación terrestre que, a su vez, realiza también la función de control del sistema total. Con esto, el equipo de a bordo se reduce al mínimo de una estación transmisora de datos con control remoto. Comparado con el sistema correspondiente sin satélite, es decir, con transmisión directa avión-estación terrestre, el sistema propuesto no requiere, prácticamente, gasto alguno en el equipo de tierra o de a bordo.

Las figuras 5 y 6 muestran ejemplos en forma de diagramas de bloques para la realización de los equipos terrestres y de a bordo. Las líneas de puntos indican líneas de reloj. El método de modulación más adecuado es el de desplazamiento de fase (PSK) [4].

En el lado de recepción del equipo de a bordo, la señal de recepción se aplica al demultiplexor de datos que selecciona, del cuadro recibido, los datos dirigidos al avión y los datos a largo plazo. En la memoria de datos se dispone del número de identificación del avión. El circuito de sincronización actualiza el reloj de cuadro y el reloj de bitios a partir de la señal recibida y proporciona el control y cronometraje del lado de recepción y además marca el punto de arranque de transmisión del bloque utilizando la memoria de datos. La palabra de datos que se ha de transmitir la compone el multiplexor de datos y se lleva a una memoria intermedia a partir de la cual puede leerse la palabra de datos en forma comprimida como un bloque de bitios después de haberle encabezado con el preámbulo. El modulador se conecta sólo durante el tiempo de transmisión.

En el lado de recepción de la estación terrestre se demodulan los bloques de los diferentes aviones y también se inscriben en una memoria intermedia a partir de la cual se pueden leer como un flujo continuo de datos y llevarse al ordenador. El ordenador realiza el control central del sistema total juntamente con la unidad de control del lado de

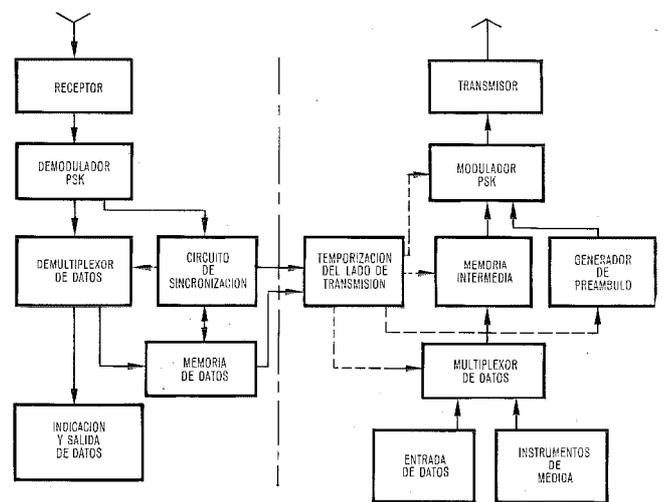


Fig. 5 Equipo de a bordo para el enlace de datos. ---- líneas del reloj.

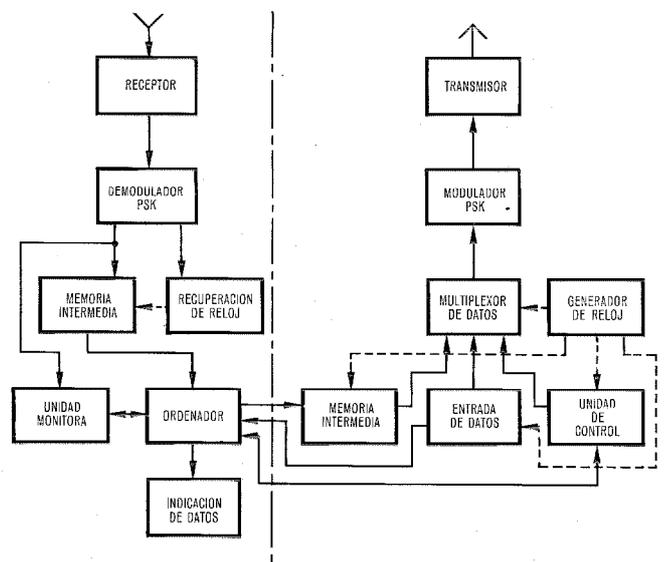


Fig. 6 Equipo de la estación terrestre para enlace de datos. ---- líneas del reloj.

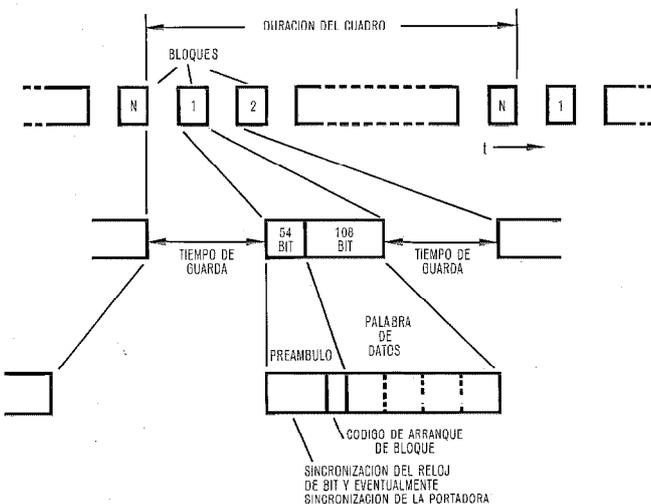


Fig. 4 Formato del cuadro y del bloque de impulsos.

transmisión. La unidad monitora supervisa el proceso del sistema múltiplex por división de tiempo en el satélite. A diferencia de los aviones, la estación terrestre transmite continuamente. La señal de transmisión se formata en el multiplexor de datos. La unidad de control facilita la marcación continua de cuadro y reparte los números de identificación, así como el ajuste automático del ordenador del avión.

Propuesta segunda de sistema

Si el número de aviones aumenta considerablemente, por ejemplo, hasta 240, o si ha de mejorarse la eficiencia del sistema 1, entonces ha de reducirse el tiempo de guarda. Con este fin, se hace una breve descripción de un sistema TDMA mejorado que hace posible tiempos de guarda mucho más pequeños.

La idea fundamental es convertir los valores de distancia de los aviones individuales, conocidos en la estación te-

rrestre, en los correspondientes valores de retardo de tiempo y utilizarlos para corrección del retardo de tiempo. De esta manera las diferencias del retardo de tiempo pueden compensarse de forma aproximada, lo que conduce a una reducción considerable del tiempo de guarda. Para este fin, la estación terrestre tiene que estar pasando a los aviones continuamente el punto de arranque de transmisión corregido. Este reajuste continuo puede también controlarse de forma totalmente automática por la estación terrestre. El coste adicional de esta facilidad es pequeño.

En este caso, el tiempo de guarda sirve para compensar las variaciones de retardo de tiempo, debidas al movimiento del satélite y del avión, así como a las inexactitudes en la determinación del retardo de tiempo y en el ajuste del punto de arranque de transmisión en el avión. Para satélites síncronos se ha encontrado que el valor aproximado del tiempo de guarda es $T_G = 350 \mu s$ [1].

Para el satélite Molnija, el valor correspondiente del tiempo de guarda es algo superior dependiendo del área de cobertura seleccionada. Sin embargo, debido a que las variaciones del retardo de tiempo procedentes del movimiento del satélite en su órbita elíptica son conocidas en la estación terrestre, esas variaciones pueden también compensarse en gran medida [4]. Por tanto, puede también suponerse que el valor aproximado del tiempo de guarda es, para este caso, $T_G = 350 \mu s$.

En comparación con el sistema 1, el tiempo de guarda se

reduce en un factor superior a 100. Esto significa que empleando el sistema 2, el número de aviones que pueden participar simultáneamente puede también multiplicarse por un factor superior a 100, si se aumenta correlativamente la velocidad de bitios.

Cálculo del camino de transmisión para el enlace de datos

El enlace de datos se basa en los siguientes valores:

- método de modulación: desplazamiento de cuatro fases (CPSK o DPSK);
- tasa de error de bitios $P_b = 10^{-7}$;
- velocidad: 4,8 kbitios/s, anchura de banda $B = 3,1$ kHz.

En la tabla 2 se han representado los parámetros del sistema del camino de transmisión par el enlace de datos avión-satélite. Se han tomado valores "medios" para los parámetros de potencia de transmisión, ganancia de antena y temperatura de ruido [3, 5, 6, 7].

El cálculo realizado del camino de transmisión prueba la factibilidad fundamental teniendo en cuenta los parámetros del sistema de tamaño "medio" técnicamente disponibles hoy día. Como muestra la tabla 2, existe un margen del sistema relativamente grande en la banda de VHF, mientras que en la banda L sólo se dispone de un margen más pequeño.

Comparado con esto, el camino de transmisión estación terrestre-satélite no es crítico ya que se puede lograr un

Tabla 2 Parámetros del sistema del camino de transmisión para el enlace de datos avión-satélite

	Banda VHF		Banda L		
	Enlace ascendente	Enlace descendente	Enlace ascendente	Enlace descendente	
Frecuencia	~ 130 MHz	~ 130 MHz	~ 1,5 GHz	~ 1,5 GHz	
Potencia transmisión	20 dBW	20 dBW	20 dBW	20 dBW	
Ganancia de la antena del satélite	10 dB	10 dB	20 dB	20 dB	
Ganacia de la antena del avión	0 dB	0 dB	0 dB	0 dB	
Pérdidas en el espacio (36.000 km ²)	167,7 dB	167,7 dB	188,9 dB	188,9 dB	
Potencia de recepción	- 137,7 dBW	- 137,7 dBW	- 148,9 dBW	- 148,9 dBW	
Temperatura de ruido del receptor	600 K	300 K	600 K	300 K	
Densidad espectral de ruido N_0	- 201 dB (W/Hz)	- 204 dB (W/Hz)	- 201 dB (W/Hz)	- 204 dB (W/Hz)	
Anchura de banda de ruido ($B = 3,1$ kHz)	35 dB	35 dB	35 dB	35 dB	
Potencia de ruido	- 166 dBW	- 169 dBW	- 166 dBW	- 169 dBW	
Relación señal/ruido S/N	28,3 dB	31,3 dB	17,1 dB	20,1 dB	
S/R necesaria para $P_b = 10^{-7}$	CPSK	13,2 dB	13,2 sB	13,2 dB	
	DPSK con demodulación coherente	13,5 dB	13,5 dB	13,5 dB	13,5 dB
	DPSK con demodulación coherente diferencial	15,5 dB	15,5 dB	15,5 dB	15,5 dB
Margen del sistema	15,1 a 12,8 dB	18,1 a 15,8 dB	3,9 a 1,6 dB	6,9 a 4,6 dB	

margen del sistema mucho mayor mediante una ganancia de antena superior y una temperatura de ruido más pequeña en la estación terrestre.

Enlace de conversación

Como ya se dijo en la introducción, se ha supuesto que existirá un enlace telefónico completamente independiente del enlace de datos. Puesto que el enlace de datos soporta la mayor parte de las comunicaciones, el enlace de conversación se hace considerablemente sencillo, reduciéndose su importancia. Por tanto, puede mantenerse el modo actual de funcionamiento del transmisor y receptor del enlace telefónico y solamente llevarse a través de un satélite el camino de transmisión.

Observación final

La propuesta de sistema que se ha presentado en este artículo corresponde a una conferencia pronunciada en el simposio sobre "navegación y control de tráfico aéreo" en Moscú en septiembre 1975. Mediante el sistema propuesto, pueden mejorarse considerablemente la vigilancia del espacio aéreo y el control del tráfico en áreas extensas. El sistema puede introducirse paso a paso, de manera que se garantiza en todo momento la compatibilidad con los sistemas existentes.

Referencias

- [1] H. Häberle, R. Aubele: Satelliteneinrichtungen zur Informationsübertragung über lange Strecken. Simposio sobre navegación y control de tráfico aéreo, Moscú, septiembre, 1975.
- [2] H. Häberle, R. Aubele: Nachrichtenübertragungssystem zum zweiseitig gerichteten Nachrichtenverkehr zwischen einer Hauptstation und mehreren Unterstationen über einen Satelliten. Solicitud de patente N° P 2615198 (1976), presentada en la República Federal de Alemania.
- [3] P. R. W. Webb: Military Satellite Communications Using Small Earth Terminals. IEEE Trans. Vol. AES-10, N° 3, mayo 1974, págs. 306-318.

- [4] Vielfachzugriffsverfahren zu Fernmeldesatelliten im Zeitmultiplex. Sonderdruck aus Frequenz, Zeitschrift für Schwingungs- und Schwachstromtechnik, Vol. 25 (1971), n°s 10-12; Fachverlag Schiele & Schön GmbH, Berlin.
- [5] R. E. Jorasch, C. L. Murphy, D. G. Middlebrook: Synthesis of an Aeronautical Service Satellite System. Eascon '68 Record, págs. 448-455.
- [6] Q. C. Wilson, W. T. Brandon, A. G. Cameron: International Satellite System for Aircraft Communications and Air Traffic Control. Eascon '68 Record, págs. 477-484.
- [7] R. J. Adams: Improved North Atlantic Air Navigation Using an Aeronautical Satellite. Eascon '68 Record, págs. 465-476.

Richard Aubele nació en Eisligen, Alemania, en 1937. Estudió ingeniería de comunicaciones en la Universidad de Stuttgart y se graduó como ingeniero diplomado. En 1966 se incorporó a Standard Elektrik Lorenz AG donde se ocupó de trabajos de desarrollo y de estudios de sistemas en el campo de las comunicaciones por satélites, particularmente en TDMA. Desde 1970 es profesor en la Escuela de Ingeniería de Esslingen.

Heinz Haerberle nació en Stuttgart, Alemania, en 1935. Estudió ingeniería de comunicaciones en la Universidad de Stuttgart y se graduó como ingeniero diplomado. En 1959 se incorporó a Standard Elektrik Lorenz AG donde se ocupó en el desarrollo de sistemas de PCM para transmisión telefónica.

De 1963 a 1967 estuvo de profesor ayudante en la Universidad Técnica de Munich como jefe de un grupo de investigación ocupado en la comparación de sistemas de modulación para radiocomunicaciones por satélite. En 1966 obtuvo el grado de Doctor Ingeniero en la misma Universidad.

De 1967 a 1969 fue jefe del Laboratorio de Satélites para Comunicaciones de Standard Elektrik Lorenz, estudiando y desarrollando sistemas de modulación para acceso múltiple a satélites, tales como TDMA y CDMA. En 1969 se incorporó al staff técnico de los Laboratorios Comsat, en EE.UU., como miembro del Intelsat estudiando sistemas avanzados de comunicaciones por satélite, especialmente el TDMA.

Desde su regreso a Standard Elektrik Lorenz en 1971, el Dr. Haerberle ha sido jefe de la rama de desarrollos básicos, incluyendo sus actividades planificación de sistemas de comunicaciones, redes eléctricas y comunicaciones por satélite.

En 1976 ha sido nombrado miembro del cuadro directivo y jefe del departamento de investigación "comunicaciones y exploración remota" del Deutsche Forschungs- und Versuchsanstalt für Luft- und Raumfahrt (DFVLR).

Consideraciones sobre DME de precisión para futuros sistemas de aterrizaje

La precisión de la medida de distancia de los futuros sistemas de aterrizaje, tal como lo requiere la Organización de Aviación Civil Internacional (ICAO) puede lograrse sin infringir la especificación del sistema DME normalizada internacionalmente. Este es el resultado de numerosas medidas y pruebas de vuelo llevadas a cabo con el sistema de aterrizaje DLS, basado en el DME, durante la presentación al Comité de Operaciones en cualquier condición atmosférica (AWOP).

H. Vogel
Standard Elektrik Lorenz AG, Stuttgart, República Federal de Alemania

Introducción

Aunque el sistema de aterrizaje instrumental ILS está considerado como el sistema normalizado de la ICAO hasta 1985, las organizaciones de todo el mundo vienen trabajando sobre un sistema sucesor desde mediados de la década de los sesenta debido, por una parte, a que el continuo crecimiento del tráfico aéreo exige un sistema mejor y, sobre todo, de mayor precisión y, por otra parte, las nuevas técnicas facilitan los medios necesarios para conseguirlo.

El sistema de aterrizaje de microondas MLS que trabaja en la banda de frecuencias de 5 GHz (banda C) se ha tomado seriamente en consideración como un sucesor del ILS. Sin embargo, no es compatible con el sistema de medida de distancias DME, que trabaja en el margen de frecuencia de 960 a 1215 MHz (banda L), en uso hoy día. El sistema DME se utiliza principalmente para navegación en ruta, pero también puede utilizarse como un componente del sistema de ayuda al aterrizaje, como ya ha sido indicado [1].

Por esta razón, las organizaciones interesadas han estado, y todavía están, examinando la cuestión de cómo puede mejorarse el sistema de medida de distancia DME actual, de manera que se convierta en un sistema de precisión DME compatible (P-DME) que cumpla los requisitos superiores de los sistemas futuros. Un sistema P-DME compatible puede definirse como aquél que cumple especificaciones más severas que aquellas que en la actualidad se consideran válidas, pero que puede utilizarse sin restricción alguna con los sistemas actualmente en funcionamiento.

En EE.UU. un grupo de organizaciones, entre las que se encuentra la FAA, declinó la adopción de un sistema P-DME que utilizase técnicas modernas y el formato de impulsos de interrogación y respuesta actualmente normalizado [2]. Por tanto, ITT Avionics llevó a cabo experimentos con impulsos codificados en fase y publicó los resultados recientemente [3].

Independientemente de las actividades mencionadas, SEL ha estado trabajando desde 1967 en el objetivo "Aumento de la precisión sin cambiar el formato de señal normalizado por la ICAO". Este artículo presenta una parte de los conocimientos adquiridos. El resultado esencial es que el DME de la banda L es realmente, y más en un futuro predecible, la solución óptima en lo que se refiere al número de canales, anchura de banda disponible y estado actual de la tecnología; y por otra parte, las posibilidades de aumentar su precisión están lejos de ser totalmente utiliza-

Tabla de abreviaturas

AWOP	- Comité de operaciones en todo tiempo
DFVLR	- Unidad experimental y de investigación de Alemania Federal para Aviación y Tecnología del espacio
DLS	- Sistema de aterrizaje basado en el DME
DME	- Equipo de medida de distancia
FAA	- Administración de Aviación Federal (EE.UU.)
ICAO	- Organización de Aviación Civil Internacional
MITAC	- Equipo micro-Tacan de a bordo
MLS	- Sistema de aterrizaje de microondas
P-DME	- DME de precisión
SETAC	- Equipo Tacan de sector
STANAG	- Acuerdo de normalización de la NATO

das. SEL pudo demostrar mediante pruebas de vuelo con DLS y con el equipo de aterrizaje SETAC* que había conseguido la precisión del sistema de ± 30 m (± 100 pies, 2σ), pedido por la ICAO para futuros sistemas MLS desde diciembre de 1975.

Fundamentalmente, han de resolverse dos problemas como condición para aumentar la precisión del sistema DME de la banda L:

- mejora de la precisión de los equipos, tanto de tierra como de a bordo;
- reducción de los errores causados por reflexiones interferentes.

Errores de medida del equipo

En la tabla 1 se enumeran los diferentes componentes de los errores de medida de los interrogadores de a bordo. La tabla 2 explica los símbolos utilizados y muestra los valores mejorados de un DME de precisión. Las condiciones para la validez de las relaciones formales son:

- el tiempo de retardo del respondedor corresponde exactamente a la especificación;
- igual forma de impulso para los impulsos de interrogación y respuesta;
- eliminación de las medidas erróneas utilizando métodos de proceso de la señal adecuados.

Las relaciones formales son también válidas para el respondedor del equipo de tierra si, además, se satisfacen las siguientes condiciones:

- cuenta digital del tiempo de retardo en el respondedor;
- regulación de las amplitudes de todos los impulsos de interrogación recibidos del equipo de a bordo a valores iguales.

* Marca registrada del sistema ITT

Tabla 1 – Componentes de los errores de medida de los interrogadores DME
(Para el significado de los símbolos ver tabla 2)

Componente	Cálculo formal del error de medida de distancia causada por el componente	Valores de un interrogador moderno de a bordo	Valores de un DME de precisión
Relación señal/ruido de los impulsos recibidos demodulados (1 δ)	$E_R \approx \pm 0,3 t C \times 10^{-\frac{A_R}{20}}$	aprox. 11 m	aprox. 3,0 m
Estabilidad de la frecuencia del reloj contador de intervalo de tiempo (3 δ)	$E_Z = \pm r \frac{\Delta f}{f}$	aprox. 3 m	aprox. 1,5 m
Error de cuantificación de la medida de tiempo (3 δ)	$E_Q = \pm \frac{C}{2f}$	aprox. 25 m	aprox. 3,0 m
Variación del retardo en transmisor y receptor (3 δ)	$E_D = \pm C \frac{\Delta t_D}{2}$	aprox. 74 m	aprox. 5,0 m
Error de disparo (3 δ)	$E_T = C \frac{t}{0,8} \frac{U_{max} - U_{min}}{U_v}$	aprox. 10 m	aprox. 4,0 m
Distorsión de los impulsos recibidos en el receptor/demodulador (3 δ) (medidas propias)	E_E	aprox. 15 m	aprox. 5,0 m
Error de medida fijo del interrogador (3 δ) (polarización)	$E_B \approx \sqrt{E_D^2 + E_E^2}$	aprox. 76 m	aprox. 7,1 m
Error de media estadística del interrogador (3 δ) (ruido)	$E_N \approx \sqrt{(3 E_R)^2 + E_Z^2 + E_Q^2 + E_T^2}$	aprox. 43 m	aprox. 10,4 m

Tabla 2 – Diferentes parámetros de los componentes del error de medida enumerados con la tabla 1 con los valores numéricos de un DME convencional y de precisión

Parámetros y sus símbolos	Valores del DME convencional (equipos disponibles comercialmente)	Valores de un DME de precisión
Tiempo de subida de los impulsos DME t	2,5 μ s	
Velocidad de la luz C	3×10^8 m/s	
Potencia recibida P_E	-70 dBm	
Constante kT_o	aprox. $4,1 \times 10^{-21}$ Ws	
Distancia de medida r	≤ 30 km	
Anchura de banda del receptor B	400 kHz	500 kHz
Factor de ruido del receptor F	22 dB	10 dB
Desviación de la respuesta de disparo $\frac{\Delta f}{f}$	10^{-4}	5×10^{-5}
Frecuencia del reloj f	6 MHz	50 MHz
Margen de respuesta de disparo $U_{max} - U_{min}$	100 mV	4 mV
Amplitud de video U_v	10 V	1 V
Variación del retardo Δt_D	490 ns	33 ns
Tolerancia de los tiempos de subida de los impulsos DME Δt_R	$\pm 0,5 \mu$ s	$\pm 0,1 \mu$ s
Relación señal/ruido de los impulsos recibidos demodulados A_R	26 dB	37 dB
$= 10 \log \frac{P_E}{kT_o B} - F$		

Las fórmulas dadas en la tabla 1 muestran que aumentando la pendiente de los bordes delanteros de los impulsos DME y aumentando por consiguiente, la anchura de la banda del receptor no puede obtenerse una mejora perceptible de la precisión (por ejemplo, para $t = 0,1 \mu$ s y $B = 10$ MHz, el error fijo cambia sólo de manera despre-

ciable y el error estadístico decrece a ± 26 m). Por lo tanto, debe intentarse satisfacer las condiciones mencionadas y optimizar todos los parámetros variables mediante la aplicación de técnicas modernas. Este concepto, cuyas reglas se dan a continuación, ha sido utilizado por SEL con éxito:

- Adopción de estrechas tolerancias para el tiempo de subida de los impulsos de interrogación y respuesta (por ejemplo, $2,5 \mu$ s $\pm 0,1 \mu$ s, de acuerdo con la nueva especificación STANAG).
- Aplicación de métodos digitales de proceso de la señal utilizando una frecuencia de reloj alta para los interrogadores y respondedores (eliminación de medidas erróneas, promedio de varios valores medidos, cálculo para corrección de errores de seguimiento, memoria dinámica).
- Uso de generadores de reloj contadores de alta estabilidad (por ejemplo, 10 ppm).
- Consecución de potencias recibidas superiores a -70 dBm en la estación terrestre y a bordo (alta potencia del transmisor, antenas con característica direccional).
- Uso de receptores con bajo factor de ruido.
- Uso de dispositivos que aseguren una compensación permanente de los retardos producidos en los interrogadores y respondedores (método de impulso piloto).
- Temporización del primer impulso en los bordes frontales de los pares de impulsos de interrogación y respuesta.
- Generación de frecuencias portadoras con la menor tolerancia de frecuencia posible (por ejemplo, < 20 kHz).
- Aplicación de métodos de disparo que son ampliamente independientes de la amplitud de los impulsos recibidos demodulados (margen dinámico, por ejemplo ± 6 dB).

Equipos de SEL con estas características, pero sin protección contra los errores de medida causados por propagación por caminos múltiples, presentados por la DFVLR a la AWOP con ocasión de la presentación de un sistema DLS, consiguieron los errores de medida que aparecen en las figuras 1 y 2. Ambas figuras forman parte del original de la documentación oficial de la ICAO [4]. La figura 2

Consideraciones sobre DME de precisión

muestra los errores de variación estadística en función de la intensidad de campo recibida, medidos con el equipo de a bordo MITAC* [5].

Errores causados por reflexiones interferentes

La propagación ideal de las ondas de radio está perturbada en la estación receptora por la reflexión de las señales en obstáculos; además de la señal directa, llegan al receptor diversas señales reflejadas (propagación por caminos múltiples). Los siguientes parámetros determinan el error de medida de distancia causado por este motivo:

- Relación k de la amplitud de la señal reflejada a la de la señal directa.
- Diferencia de tiempos t_2 entre la señal directa y la reflejada.

* Marca registrada del sistema ITT

- Diferencia de fase de RF $\varphi_N - \varphi_S$ entre las dos señales. Con un solo reflector y para pequeños valores de k , el error de medida de distancia del sistema DME es:

$$\Delta E = \Delta E_{max}(k, t_2) \cos(\varphi_N - \varphi_S).$$

donde

φ_N = fase de la señal útil y

φ_S = fase de la señal interferente.

La influencia de t_2 y de $\varphi_N - \varphi_S$ con $k = 0,3$ se muestra en las figuras 3 y 4. Se han supuesto formas ideales de impulsos DME, buscadores ideales de semi-amplitud, y la semejanza de los errores en los caminos de aire-tierra y de tierra-aire. Aparecen valores negativos de t_2 cuando las señales reflejadas llegan antes que las señales directas, por ejemplo, cuando el segundo impulso de un par de impulsos se utiliza para determinar el instante de disparo. Es obvio que pequeñas diferencias de retardo producen errores de medida también pequeños.

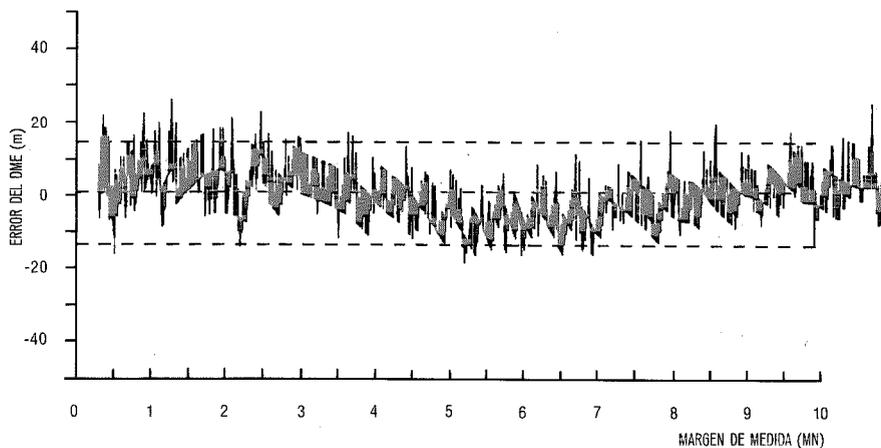


Fig. 1 Error de medida de distancia en un margen de medidas de 0 a 10 millas nauticas (MN).

Prueba de vuelo de aproximación radial	
Angulo AZ	275 grados
Altura	600m (2000 pies)
Velocidad nominal	100 nudos
Error medio	1.173 m
2 x desv. típica	13,962 m
Fecha 20.02.76	hora 14:35

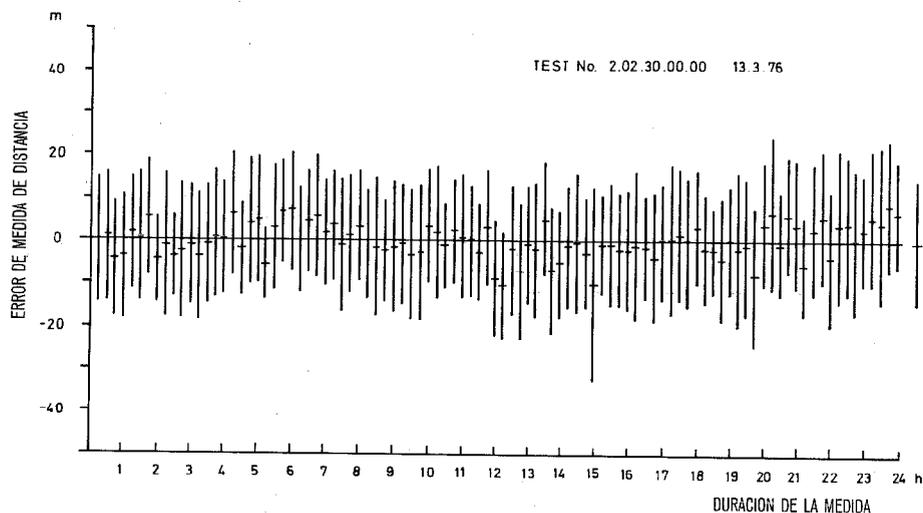


Fig. 2 Error de medida de distancia a una distancia absoluta de 1530,7m, medida durante 24 horas. Líneas verticales: variación durante una duración de medida de 30 segundos cada una.

Puesto que las reflexiones mismas no se pueden reducir por medios sencillos, debe intentarse reducir los errores de medida causados por ellas cambiando una o varias de los variables influyentes (amplitud, fase, retardo). También se ha introducido en los modernos sistemas DME la separación de la señal directa y reflejada en el tiempo mediante temporización al primer impulso en el borde frontal de un par de impulsos (ningún valor negativo de t_2) [1]. Otras mejoras están basadas en el hecho de que, generalmente, las señales útil e interferente se reciben procedentes de direcciones diferentes. Esto sugiere, por tanto, la utilización de antenas direccionales. Ya existen antenas terrestres con directividad vertical y una cobertura horizontal de 0° a 360° ó $\pm 45^\circ$ con respecto a la línea central de la pista. Sin embargo, por este medio no puede conseguirse una reducción esencial de las reflexiones debido, en la mayor parte de los casos, a que los edificios del aeropuerto caen dentro de ese sector. Si se aumenta la directividad horizontal ya no se cumple el requisito de cobertura. En relación con las propuestas del nuevo DME de precisión, SEL ha desarrollado varios conceptos de antena; en lo que sigue se describen brevemente cuatro de ellos [6].

G. Peuker ha propuesto un conjunto de antenas terrestre que evita las desventajas antes mencionadas y, por otra parte, permite la producción de diagramas horizontales muy estrechos; consta de varias antenas con lóbulos estrechos cada una de las cuales se conecta a un receptor propio. A la llegada de una interrogación, se hace una comparación de amplitud y la rama que presenta las mayores amplitudes se selecciona y utiliza. El impulso de respuesta se transmite sobre esta misma rama. En la figura 5 se representa este conjunto de antenas en el que los diagramas están formados, por ejemplo, por cinco antenas direccionales individuales dispuestas una al lado de otra y siete redes formadoras de diagramas de radiación. La cobertura es de $\pm 35^\circ$, pero puede adaptarse también a otros requisitos.

En el caso de una antena de campo rotatorio con una cobertura de 360° propuesta por G. Höfgen, la diferencia de fase entre la señal útil y la interferente se varía aleatoriamente y el valor medido de la imprecisión estadística así

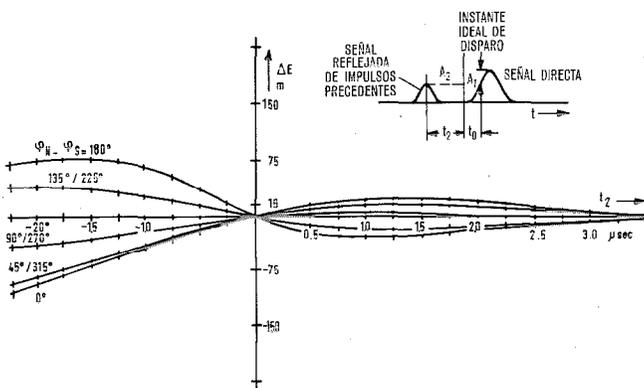


Fig. 3 Error de medida de distancia ΔE en función de la diferencia de retardo t_2 .

Parámetro: diferencia de fase $\varphi_N - \varphi_S$

φ_N = fase de la señal útil

φ_S = fase de la señal interferente

$k = \frac{A_2}{A_1} = 0,3$ - Relación de amplitud.

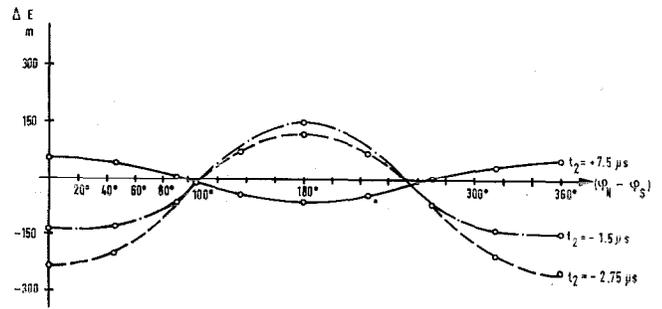


Fig. 4 Error de medida de distancia ΔE en función de la diferencia de fase $\varphi_N - \varphi_S$.
Parámetro: diferencia de retardo t_2 .

causada se reduce promediando en el equipo de a bordo. El conjunto de antenas representado en la figura 6 está compuesto de, por ejemplo, 27 antenas monopolo dispuestas en círculo con un diámetro de, por ejemplo, $3,5 \lambda$. Las antenas están conectadas a desfases asociados controlados por un grupo de códigos. En el caso de 27 antenas es adecuado utilizar 9 códigos diferentes. La fase de la señal se desplaza $1 \times 360^\circ$ durante un ciclo mediante el código 1, $2 \times 360^\circ$ mediante el código 2, etc., y finalmente $9 \times 360^\circ$ mediante el código 9. Un generador de señal aleatoria controla la aplicación de los diferentes códigos. La conmutación de un código a otro se efectúa en sincronismo con los impulsos de respuesta durante los períodos de silencio del transmisor.

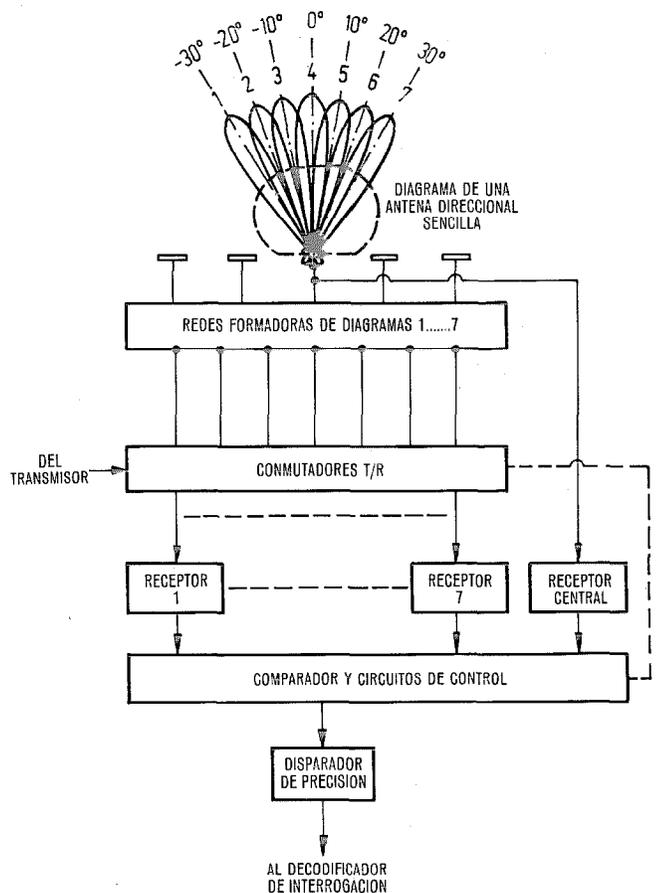


Fig. 5 Conjunto de antena terrestre para transmisión y recepción direccionales.

Consideraciones sobre DME de precisión

Otros conjuntos de antena han sido propuestos por M. Böhm:

- Antenas terrestres móviles. 12 elementos de antena omnidireccionales dispuestas en un círculo se conectan al respondedor sucesivamente, de acuerdo con una función de tiempo apropiada. Si las interrogaciones transmitidas aleatoriamente desde el equipo de a bordo durante un tiempo dado, por ejemplo, un segundo, se reciben sucesivamente por todos los elementos de antena terrestres y todas las respuestas se transmiten sucesivamente por todos los elementos de antena terrestres, los errores causados por las reflexiones se reducen tanto más cuanto mayor es la apertura de la antena terrestre. Un valor favorable de la apertura es 50λ .
- Combinación de antenas direccionales y procedimientos de radiogoniometría. Se colocan en un círculo 12 antenas direccionales, cada una con una cobertura de 30° , y solamente se conecta aquella antena que está orientada en la dirección del avión al que se está dando servicio. La selección de la antena adecuada se realiza mediante un radiogoniómetro de alta velocidad que busca la dirección de incidencia de las señales de interrogación.

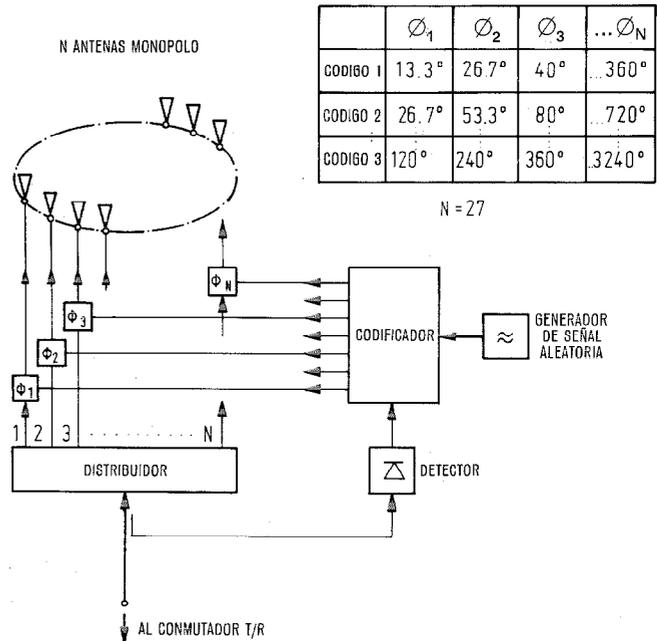


Fig. 6 Antena de campo rotatorio para cobertura de 360° .

Mirada al futuro

Los procedimientos para aumentar la precisión del DME adoptado internacionalmente, como se ha indicado en los párrafos precedentes, se han restringido intencionalmente manteniendo el formato de la señal utilizado hoy día. Sin embargo, algunas pequeñas modificaciones del formato de la señal proporcionarían nuevas posibilidades para mejorar el sistema DME, por ejemplo:

- Direccionabilidad del equipo terrestre y de a bordo, por ejemplo, mediante impulsos DME codificados en fase (navegación basada en DME, funcionamiento con canal común, enlaces de datos tierra-aire y aire-tierra).
- DME de cuasi una vía mediante el uso de patrones de frecuencia estable en el equipo de a bordo (aumento de la capacidad).
- Incremento adicional en la precisión mediante modulación de fase de impulsos compatible o de banda ancha.

SEL es de la opinión que, antes de cambiar el formato de la señal, debe hacerse un uso completo de las posibilidades antes mencionadas ya que estas pueden tener influencia en una distribución más rápida y más amplia, particularmente a nivel internacional, que soluciones que requieran modificar la especificación de la ICAO.

Referencias

- [1] M. Böhm y G. Peuker: El sistema DLS - Otra alternativa para el sucesor del sistema ILS; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975) N°1, págs. 69-75.
- [2] Report of FFA Approach and Landing Division; ARD-727, enero 1976.
- [3] S. H. Dodington, A. H. Lang y J. S. LeGrand: Equipo de precisión DME codificado en fase para MLS; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975) N°4, págs. 313-317.
- [4] German part of AWOP Documentation for MLS (septiembre 1975).
- [5] J. C. Joguet y H. Vogel: MITAC - Nuevo equipo TACAN miniaturizado; Comunicaciones Eléctricas, Vol. 50 (1975) N°4, págs. 289-293.
- [6] Simposio sobre navegación y control de tráfico aéreo; Moscú, septiembre 1975.

Horst Vogel nació en Stuttgart en 1936. Estudió en la Escuela de Ingeniería de Esslingen donde se graduó de ingeniero de comunicaciones. Después de un año en el departamento de desarrollo de Informatikwerk de SEL, trabajó en sistemas Doppler-VOR en la división de navegación de Berlín y Stuttgart. Pasó luego un año en ITT Avionics (Nutley - EE.UU.) ocupado en el desarrollo de sistemas de navegación TACAN. Al regresar a SEL fue nombrado responsable de los estudios de nuevos equipos de a bordo TACAN y de la medida precisa de distancias en TACAN. En 1970 pasó a dirigir los equipos de a bordo MICROTACAN. Desde 1971 es jefe del departamento de desarrollo de sistemas de navegación aérea y desde comienzos de 1976 es ingeniero jefe del grupo de productos Ayudas a la navegación.

Evaluación de la calidad para los componentes empleados en aplicaciones militares y espaciales

La evaluación rigurosa de la calidad, que es un requisito de importancia primordial para todos los componentes destinados a aplicaciones militares y espaciales, se realiza normalmente en LCT.

El análisis de los fallos que completa esta evaluación requiere métodos complejos y proporciona datos muy interesantes para la estimación de la fiabilidad y la mejora de los componentes.

D. TABET

L. LE SAEC

Laboratoire Central de Télécommunications, Vélizy, Francia

Situación del problema

Como consecuencia del comienzo de las actividades espaciales, primero en U.S.A. y posteriormente en Europa, y debido, también, a la complejidad y nivel de calidad requerido por los equipos militares, hace varios años surgió la necesidad de utilizar componentes con un alto nivel de calidad, y con una alta fiabilidad en el caso de equipos para satélites de larga vida.

La política seguida para abastecerse de componentes de alto nivel de calidad varía hasta cierto punto entre las diferentes Autoridades Administrativas involucradas. Esta política tiende, sin embargo, a normalizarse, e incluye:

- Selección del tipo de componentes, basada en el conocimiento previo de estos elementos (conducta operacional, calificaciones existentes).
- Edición de especificaciones de compra, que cubren: fabricación, inspección, pruebas, calificación si es aplicable, análisis complementarios, etc.

Consideraciones generales concernientes a la evaluación y calificación

Definiciones

- a) *Evaluación de un suministrador*: Todas las operaciones conducentes a la selección de un suministrador, para una aplicación dada.
- b) *Evaluación de un tipo de componente*: Todas las operaciones conducentes a la selección de un tipo de componente, para una aplicación dada.
- c) *Calificación de un componente*: Todas las operaciones empleadas para demostrar que es correcta la selección resultante de la evaluación de un tipo de componente.
- d) *Verificación de la calificación*: Todas las operaciones empleadas para comprobar que la calificación de un tipo de componente sigue siendo válida, ya sea en el tiempo o para una partida determinada.

Las operaciones a) y b) son operaciones preliminares que condicionan la selección.

La operación a) puede ser precedida de una evaluación de la tecnología.

La operación c) sigue a una selección, y se realiza generalmente antes del abastecimiento real, aunque ambas operaciones se pueden realizar en paralelo.

La operación d) tiene lugar después de la fabricación del componente. Esta operación condiciona la aceptación de aquellas partes a las que hace referencia la verificación de la calificación.

Evaluación de un suministrador

La selección preliminar de un suministrador se hace sobre las listas aprobadas (en el caso de circuitos integrados o circuitos híbridos, nos referimos a tecnologías aprobadas y no a componentes aprobados), o de acuerdo con un requisito expuesto por el usuario, que no lo cumplen los componentes que aparecen en las listas aprobadas.

En el caso de componentes que aparecen en una lista aprobada, la evaluación del suministrador ya ha tenido lugar y no es preciso repetirla (salvo casos especiales).

En caso contrario (cuando el suministrador no aparece en una lista de aprobados), se requiere la evaluación del suministrador. Esta evaluación consiste esencialmente en la estimación de la capacidad y de los recursos tendentes a asegurar el nivel de calidad necesario: medios de producción, prueba e inspección.

La evaluación de un suministrador tiene la forma de una encuesta realizada, in situ, por inspectores de control de calidad.

Evaluación de un tipo de componente

La selección preliminar se hace a partir de las listas aprobadas publicadas por las autoridades militares o espaciales. Sin embargo, cuando un tipo de componente no ha sido aprobado aún, se requiere la evaluación.

Esta evaluación puede incluir:

- Un inventario de los conocimientos existentes acerca del componente (utilizaciones previas, problemas aparecidos). Evidentemente esto no es aplicable a nuevos componentes.
- Pruebas que pueden ser muy limitadas, en cuyo caso nos referiremos a "pre-evaluación", o extremadamente complejas, por ejemplo en el caso de que incluyan esfuerzos cada vez más duros, con objeto de fijar los límites de aplicación.

LCT ha realizado para varias Autoridades Administrativas este tipo de pruebas, que se han proyectado para probar la capacidad de un componente dado para su funcionamiento correcto y fiable en ambientes militares o espaciales.

Calificación

Las operaciones de calificación no se diferencian radicalmente de las de empleadas para la evaluación. Sin embargo, el objetivo no es el mismo: la evaluación sirve para hacer una selección, mientras que la calificación prueba que esta selección es correcta. No obstante, la calificación se aplica generalmente a un mayor número de partes que

Evaluación de la calidad

las empleadas para la evaluación. La calificación se realiza en las piezas de producción identificadas bien por el número del lote, o por la fecha de fabricación.

Verificación de la calificación

Estas operaciones se refieren a productos claramente identificados, y que han pasado ya la calificación, y se emplean para probar si la calidad se mantiene en el tiempo, y entre un lote y otro.

Las operaciones son similares a las empleadas para la calificación, aunque menos profundas, y cubre un número reducido de partes.

Una operación clave en la comprobación de la calificación es el análisis físico (ver "Análisis físico. Análisis de fallos").

Evaluación de componentes para aplicaciones espaciales

LCT ha realizado varias pruebas de evaluación para el CNES (Centro Nacional de Investigación Espacial); los resultados de las pruebas proyectadas permiten a las personas responsables en CNES incluir los componentes ensayados en la lista de aprobados, para su incorporación en equipos para aplicaciones espaciales.

Los diversos resultados posibles que pueden obtenerse de estas pruebas y sus correspondientes decisiones, se pueden resumir como sigue:

- Resultados claramente malos: no se recomienda su empleo.
- Resultados parcialmente buenos: las causas del fallo se hallan claramente definidas y se puede tomar una acción correctora, ya sea en el proceso de fabricación o en la etapa de selección. Se puede tomar la decisión de aprobar su utilización, sujeta a ciertas reservas.
- Resultados correctos: se toma en principio la decisión de aprobar el empleo de estos tipos de componentes. Se hacen recomendaciones con objeto de eliminar los pocos defectos que aún quedan.

Las pruebas principales se refieren a los siguientes componentes:

- Circuitos integrados lógicos TTL de bajo consumo, (SSI - Integración a pequeña escala, series L 00 - MSI Integración a mediana escala, tipos 54L 86, 54L 91, 54L 93 y 54L 95).
- Circuitos lógicos Schottky (serie 54 S)
- Multiplexores MOS
- Shift Register COS/MOS de 64 bits.

La figura 1 muestra el diagrama de pruebas realizado para la evaluación de los circuitos lógicos de integración a media escala TTL.

En las figuras 2 y 3 se muestran dos equipos empleados en estas pruebas.

- Las conclusiones de estas pruebas son las siguientes:
- Excelentes características de los componentes probados.
 - Las tolerancias de ciertos parámetros fijadas por el fabricante son un tanto arbitrarias.
 - Las características son estables después de funcionamiento prolongado (1.000 horas a 125 °C) y almacenamiento prolongado (1.000 horas a 200 °C).

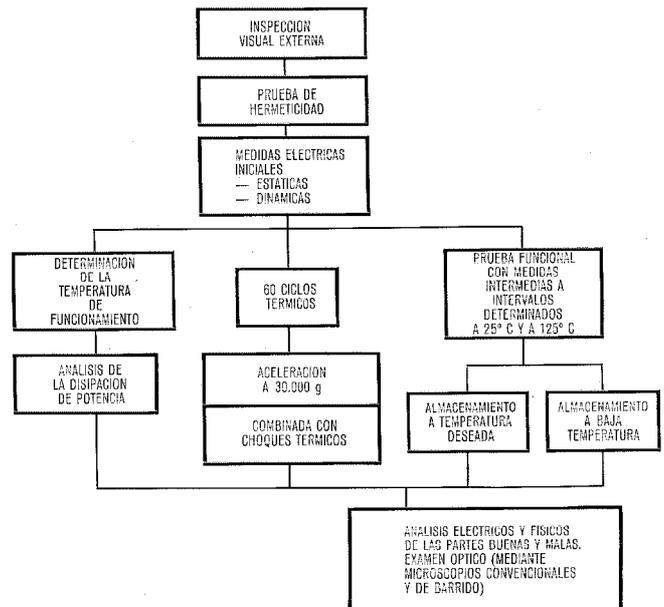


Fig. 1 Diagrama de pruebas para la evaluación de circuitos lógicos de integración a media escala TTL.

- Necesidad de ejecutar las pruebas para todas las posibles configuraciones funcionales, para que no queden defectos sin detectar.

Evaluación de componentes para aplicaciones militares

LCT produce equipos según especificaciones de las Autoridades Militares Francesas, en el campo de radar, equipos de telecomunicaciones móviles, y misiles.



Fig. 2 Máquina de aceleración constante (40.000g máximo).

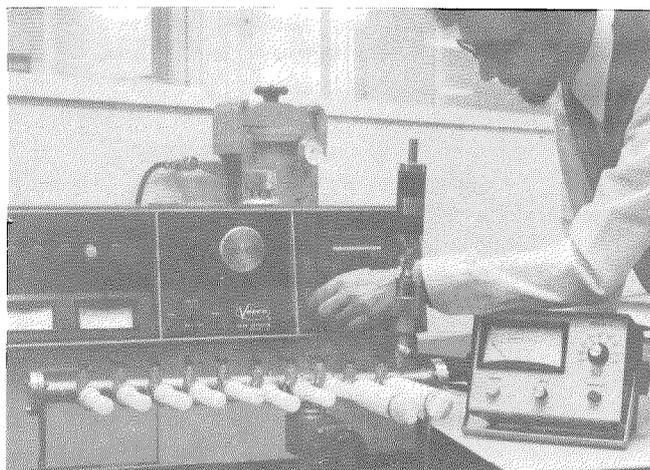


Fig. 3 Detector de fugas de helio.

En los casos en los que se exigían requisitos para componentes que no figuraban en la lista GAM*-T1, LCT realizó las pruebas de evaluación, en particular para los siguientes componentes:

- Evaluación de los amplificadores operaciones tipos 709 y 741.
- Evaluación de dos tipos de acopladores opto-electrónicos.
- Evaluación del sistema de conexión tipo "TERMI-POINT".

La Autoridad cliente autorizó el abastecimiento de estos componentes, después de realizadas las operaciones de evaluación con éxito.

Como ejemplo, la tabla 1 detalla las pruebas realizadas con los acopladores opto-electrónicos y los resultados obtenidos.

Tabla 1 - Pruebas realizadas con los acopladores opto-eléctricos

- Medidas eléctricas: medidas iniciales, a +25 °C, de los principales parámetros de los componentes: características de transferencia, tensiones de saturación y ruptura del transistor, y corriente en la oscuridad.
- Pruebas de aceleración constante (se aplicaron secuencialmente 3 niveles de aceleración: 5000, 10.000 y 30.000 g) - Comprobación de la característica de transferencia después de cada uno de los niveles de esfuerzo aplicados.
- Prueba de vibración sinusoidal - Medida de los principales parámetros después de la prueba.
- Prueba de almacenamiento a +125 °C - Medida de los principales parámetros después de la prueba.

Los resultados comparativos entre estos dos tipos de acopladores condujeron a la selección (en un caso hubo 5 defectuosos de las 22 muestras y en el otro ningún defecto entre 20 muestras).

Caso especial de circuitos híbridos

La integración de varios componentes en forma de circuitos híbridos, presenta un cierto número de problemas previos a su empleo en el campo militar. El abastecimiento

* Lista preferencial de componentes Guerra-Aire-Marina

de circuitos híbridos requiere un procedimiento distinto al empleado para componentes discretos.

En 1970, una Autoridad Administrativa Francesa contrató a LCT para proponer y calificar una tecnología moderna para la fabricación de 17 tipos diferentes de circuitos analógicos. Se empleó el siguiente procedimiento de aprobación:

- a) Evaluación del proceso tecnológico empleado.
- b) Pre-calificación de cada tipo de circuito. Las pruebas se realizaron con un aumento progresivo del esfuerzo, hasta niveles sustancialmente más elevados que los límites impuestos para el funcionamiento.
- c) Calificación: Todos los tipos de circuitos se sometieron a las pruebas relacionadas en las especificaciones, con límites basados en la norma NF C20.000.
- d) Pruebas de fiabilidad: Estas pruebas cubrían 20 circuitos de cada uno de los 17 tipos, y completaron 10.000 horas (dando $3,4 \times 10^6$ componentes-horas) en condiciones de funcionamiento reales a +70 °C. La figura 4 muestra los hornos empleados para estas pruebas.

Las operaciones a), b) y c) se realizaron con circuitos suministrados por diversos fabricantes*. Los circuitos suministrados por los fabricantes seleccionados se sometieron a las pruebas de fiabilidad. Se halló una tasa de fiabilidad mejor que $1,2 \times 10^{-6}$ fallos por componente/hora con un nivel de confianza del 60%.

Análisis físico - Análisis de los fallos

El análisis físico de un componente tiene varios objetivos:

- Identificación de la tecnología de fabricación y calidad de aplicación de la misma.
- Identificación de los materiales empleados.
- Comprobar que no ha habido modificaciones tecnológicas de importancia entre la evaluación inicial y el momento de fabricación de cada partida.
- Contribución de la importancia de los defectos en el aspecto externo sobre las características eléctricas, o la posible evolución de las mismas.

El análisis físico no destructivo de los componentes es relativamente limitado:

* Lo que condujo a la eliminación de alguno de los fabricantes.

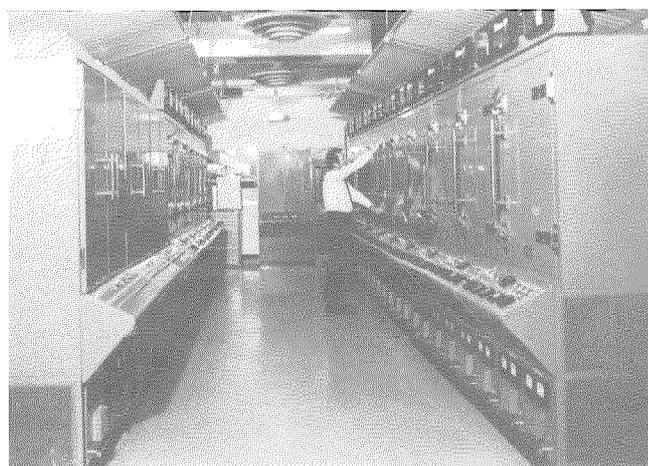


Fig. 4 Cuarto de hornos para pruebas de calificación y fiabilidad.

Evaluación de la calidad

- Comprobación de la hermeticidad (cuando es aplicable).
- Inspección visual externa de defectos como roturas, defectos en los materiales o recubrimientos, defectos en la presentación de conexiones, etc.
- Examen por rayos X.

El análisis físico destructivo proporciona una información mucho más considerable. Este trabajo incluye la disección del elemento - abriendo el encapsulado o la microsección cuando sea el caso.

En el caso de un semiconductor por ejemplo, se examinan los siguientes puntos:

- Interconexiones internas (examen visual, prueba de tracción).
- Soldadura entre la pastilla y la base (examen visual, ensayo de tracción).
- Metalización (examen visual, prueba de adherencia, ataque químico selectivo si es aplicable).
- Óxido (examen visual, ataque químico si es aplicable).
- Zona de difusión (sección micrográfica, medida de espesores).
- Empleo de microscopio electrónico de exploración para comprobar el recubrimiento de la etapa de oxidación, y observación en profundidad de las regiones con carga espacial.

Análisis de fallos

El análisis de los fallos se emplea para mejorar la calidad de los componentes. En la actualidad es una práctica normal analizar cualquier fallo que ocurra, para determinar su causa y aplicar acciones correctivas.

Se encuentran dos tipos de fallos:

- Fallos achacables al componente: fallos de producción, evolución de las características.
- Fallos de utilización: se soportaron excesivas sobrecargas.

En la figura 5 se muestra una fotografía de un transistor que ha sufrido una sobrecarga.

El análisis de los fallos debe conducir a una acción correctiva, específica para cada tipo de fallo:

- Un control de calidad de los componentes más exhaustivo: pruebas eléctricas en producción y finales.
- Modificación del sistema, para reducir el nivel de cargas aplicadas.

Los medios empleados para el análisis físico o de fallos requieren personal especializado, en particular para la interpretación de los fenómenos observados.

El examen precisa del empleo de microscopios ópticos, junto con los medios más modernos y potentes como el microscopio electrónico de exploración. Este instrumento se emplea en particular para el examen de los semiconductores. Se pueden emplear dos métodos de operación.

Método de emisión:

Se obtienen imágenes de alta definición, con elevada profundidad de campo. Este método se emplea para el análisis de fenómenos tales como la electromigración, que no se puede detectar mediante el microscopio óptico, o el examen de la calidad de recubrimiento de la etapa de oxidación (Fig. 6) o estructuras entrelazadas de dimensiones muy pequeñas, o circuitos LSI.

Este método se puede emplear también para el examen del espectro X emitido, correspondiente al análisis químico de los elementos del componente.

Contraste de tensión

Este método se emplea para visualizar las diferencias de potencial eléctrico. Por ejemplo, es posible obtener la imagen de una unión polarizada (Figs. 7 y 8). La polarización puede ser continua, o activada mediante impulsos funcionales.

Por este método, la interpretación de los resultados es extremadamente delicada y requiere considerable experiencia.

Este equipo, que permite una investigación exhaustiva del componente, está disponible dentro del Grupo de ITT Europa en STL, y en Francia en laboratorios como los de CNES. Este equipo se ha empleado en frecuentes ocasiones, para el trabajo realizado por LCT en el análisis de fallos.

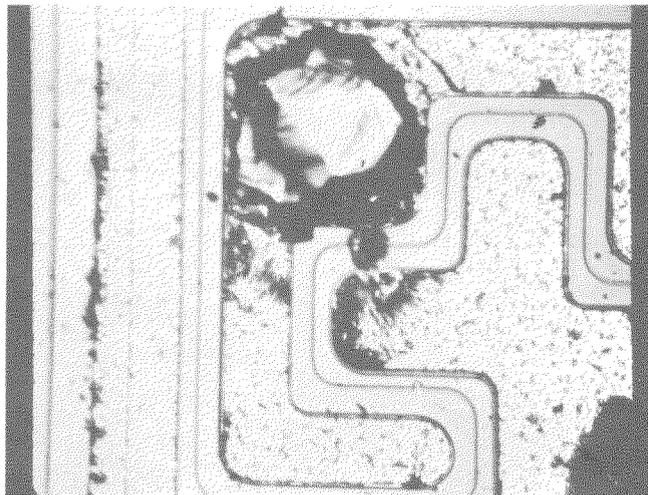


Fig. 5 Análisis de fallos: vista microscópica de un transistor maltratado.

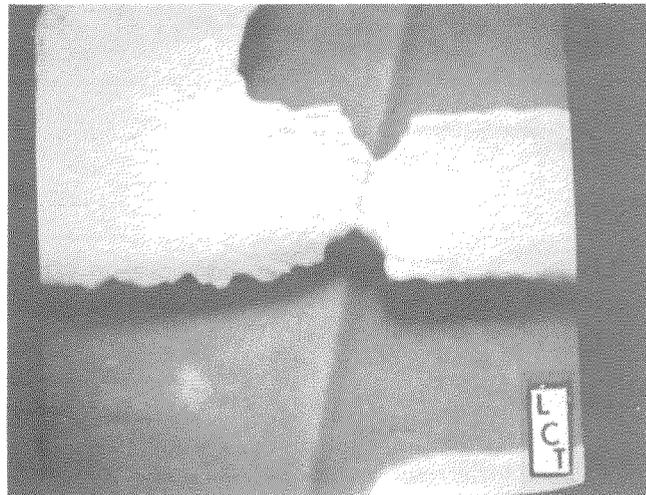


Fig. 6 Microscopía electrónica de barrido. Defecto de la metalización de aluminio sobre la capa de óxido.

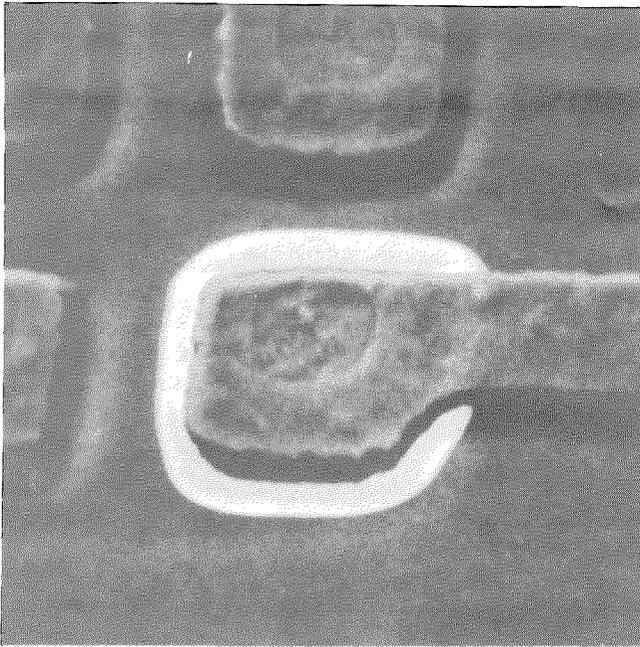


Fig. 7 Microscopía electrónica de barrido. Circuito integrado. Método electroconductivo; vista de una unión polarizada.

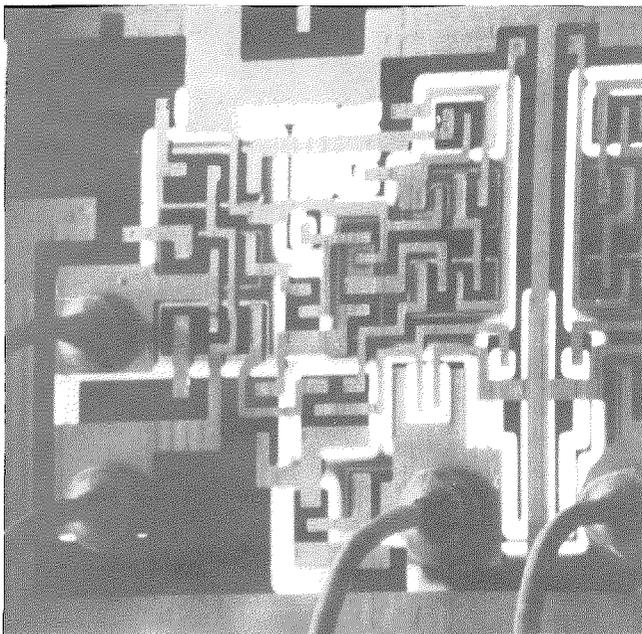


Fig. 8 Microscopía electrónica de barrido. Circuito integrado. Método electromotriz; vista de un circuito polarizado.

Conclusión

La evaluación de la calidad de un componente para aplicaciones militares o del espacio es una tarea esencial. La evaluación debe realizarse por el usuario del componente,

en estrecho contacto con los fabricantes (por ejemplo, consideraciones sobre el resultado de las pruebas de fiabilidad).

LCT, que emplea componentes de este tipo, y también dispone de un departamento especializado con sus correspondientes medios de prueba, realiza evaluaciones de esta naturaleza, tanto para usuarios internos como clientes exteriores.

Este tipo de evaluación tiene en cuenta consideraciones de coste, así que en caso de igual calidad, se elige el de menor costo.

Además, las operaciones de evaluación han conducido a acciones correctivas en la etapa de producción del componente (cambios en los procedimientos tecnológicos), en las especificaciones de abastecimiento (criterios para la aceptación o rechazo de las partidas), y utilización en circuitos electrónicos (límites de aplicación). En ciertos casos, la decisión de la Autoridad cliente ha sido la de rechazar la inclusión de componentes evaluados en las listas de aprobados, o borrar componentes de dichas listas, mientras que en otros casos los nuevos componentes se han añadido en las listas de aprobados.

Bibliografía

- [1] Colloque international sur les composants électroniques de haute fiabilité, 6-10 marzo 1972, Toulouse, Francia.
- [2] IEEE Reliability Physics Symposium, Las Vegas 2-4 abril 1974; conferencia sobre Microscopía eléctrica de exploración.
- [3] Proceedings of the IEEE-publicación especial sobre la fiabilidad de los semiconductores, febrero 1974.
- [4] M. Burgess, H. Haanstra, C. Schiller: Scanning electron microscopy and its application to semiconductor device assessment, Acta Electronica, enero 1975, Vol. 18 n° 1, pgs 15-25.
- [5] J. Y. Boulaire, J. P. Boulet: L'Analyse des défauts et les possibilités apportées par le microscope électronique à balayage. Texte des Conférences du Congrès National de Fiabilité, Perros-Guirec, 20-22 septiembre 1972.
- [6] United States Rome Air Development Center Reliability Notebook, 1967, informe n° TR 67.108.
- [7] D. J. D. Thomas: Failure Mechanisms in Schottky TTL Devices, informe técnico ITT (STL n° 1247), nov. 1975.

Daniel Tabet nació en Argelia en 1933. Se graduó en 1957 en la École Supérieure d'Electricité (División de Radio).

Trabajó durante seis años en la compañía francesa CSF primero en antenas y a continuación se especializó en fiabilidad.

Se incorporó a LCT en 1966 y es el responsable de la fiabilidad de los equipos espaciales.

En la actualidad es jefe del departamento de fiabilidad-calidad dentro de la división aeroespacial.

Louis Le Saec nació en París en 1930. Es ingeniero del Conservatoire National des Arts et Métiers, especialidad Física. Desde 1962 a 1968 trabajó en el campo de películas magnéticas delgadas dentro de LCT. A partir de 1968 dirige un grupo que trabaja sobre la fiabilidad física y tecnología avanzada.

Es miembro de las comisiones técnicas de SPER (Syndicat des Industries de Matériel Professionnel Électrique et Radioélectrique), GIEL (Groupement des Industries Électriques), UTE (Union Technique de l'Électricité).

Receptor marítimo principal o de reserva R700M

Todos los buques mercantes de más de 1600 toneladas han de llevar receptores de radio que cumplan las Normas Internacionales de Radio, así como cualquier otra especificación obligatoria en el país en que estén matriculados. Dichas especificaciones son publicadas por las Administraciones de Correos y Telegrafos de cada país, existiendo asimismo especificaciones que definen el funcionamiento de los receptores tanto principales como de reserva.

En el Reino Unido, la especificación MPT 1201 define el funcionamiento del receptor principal y la TSC 75 el de reserva.

El receptor principal es un equipo esencial en el sistema fundamental de comunicaciones de un buque, debiendo recibir señales OC, BLD y BLU. Características esenciales de tal equipo han de ser un buen tratamiento de la señal, sensibilidad y margen dinámico adecuados y un excelente comportamiento en lo que respecta a modulación cruzada, saturación e intermodulación.

Se precisa una gran estabilidad de frecuencia, simultáneamente con una gran resolución, por lo que se hace necesario la utilización de técnicas de síntesis de frecuencia. También se necesita un margen de frecuencia continuo de 100 kHz a 30 MHz. Para poder usar con plena eficacia cada modo de recepción hay que disponer de una serie de selectividades, necesiéndose filtros con factores de forma muy estrictos.

El receptor de reserva se considera como equipo de emergencia en caso de fallo del receptor principal y por lo tanto su funcionamiento no está especificado tan rigurosamente. Ha de recibir señales OC y BLD pero en comparación con el receptor principal las características de tratamiento de señal, selectividad, estabilidad y resolución no son tan estrictas. Sólo se requiere una sintonía continua en las bandas de frecuencias asignadas a los servicios marítimos móviles. Ahora bien, el receptor de reserva ha de ser capaz de funcionar no solo con la fuente principal de alimentación, sino también con la alimentación de reserva del barco, que generalmente es una batería de 24 voltios.

No hay nada que impida que un receptor principal se use como receptor de reserva, siempre que pueda funcionar con la alimentación de reserva del barco, razón por la cual muchos armadores instalan dos equipos idénticos.

El receptor para comunicaciones marítimas R700M, desarrollado y fabricado por International Marine Radio Company (filial de STC en Croydon, Inglaterra), cumple todas las especificaciones impuestas a los receptores principales y de reserva.

El equipo R700M es un receptor superheterodino con triple conversión, realizado en estado sólido. Recibe en OC, BLD y BLU y utiliza para sintonía, de 15 kHz a 30 MHz, técnicas de síntesis de frecuencia.

Un contador módulo- n , programable, divide la salida de un oscilador de alta frecuencia, por un número preestablecido, comparándose el resultado, tanto en frecuencia como en fase, con una referencia de 62,5 kHz obtenida a partir de un oscilador patrón de cristal de 5 MHz con compensación de temperatura. La señal de error así producida se utiliza para enclavar la fase del oscilador de alta frecuencia por pasos enteros de MHz entre 70 MHz y 99 MHz. La

salida de un oscilador de sintonía inductiva, sintonizable en forma continua de 8,6 MHz a 7,6 MHz, se combina con la del oscilador de alta frecuencia, en un doble proceso de mezclado para producir una primera frecuencia de oscilación 37,3 MHz por encima de la frecuencia de sintonía, y sintonizable entre 37,315 y 67,4 MHz.

Se ha logrado una gran estabilidad de frecuencia del oscilador sintonizable mediante un cuidadoso diseño eléctrico y mecánico. Pero aun así, la estabilidad no es comparable a la del patrón, y se logra un modo de funcionamiento de gran estabilidad al conmutar sobre el oscilador sintonizable un sincronizador de frecuencia, de forma que aquél queda enclavado con el patrón en pasos de 100 Hz. Para el sistema de sintonía, en su conjunto, se obtiene una estabilidad de frecuencia mejor que una parte en un millón para variaciones de la tensión de alimentación de $\pm 10\%$, y dentro de una gama de temperatura de 0 °C a 40 °C. Este modo de trabajo en alta estabilidad entra en funcionamiento cuando se utiliza el control "clarificador" de sintonía fina, el cual proporciona además una interpolación de frecuencia de, por lo menos, ± 250 Hz alrededor de la frecuencia sintonizada, con lo que se pueden seleccionar fácilmente señales BLU. Dos conmutadores de décadas programan el contador módulo- n y seleccionan la banda de MHz deseada, mientras que un control de kHz proporciona la sintonía continua de cada banda a razón de unos 30 kHz por revolución.

La frecuencia sintonizada queda indicada por los conmutadores junto con un panel de cinco dígitos en diodos electroluminescentes, con una resolución de frecuencia de 10 Hz. Entre la parte inferior de cada banda de MHz y la superior de la anterior hay un solape de 100 kHz, el cual se pone de manifiesto mediante indicadores electroluminescentes.

El equipo R700M posee un amplio margen dinámico lineal y una gran capacidad para el tratamiento de la señal, gracias al empleo de un transistor de efecto de campo en la etapa amplificadora de radiofrecuencia, seguido de un mezclador equilibrado en anillo con diodos "hot carrier". Un preselector pasivo sintonizable situado antes de la etapa de radiofrecuencia proporciona la selectividad de la señal y la adaptación a la antena. Un circuito recortador con diodos suministra una protección adicional de la etapa de radiofrecuencia contra daños debidos a altas tensiones inducidas en la antena por cualquier transmisor adyacente.



El nuevo receptor marítimo principal/reserva R700M desarrollado por IMRC para uso a bordo de barcos mercantes de más de 1600 toneladas. Cumple todas las especificaciones importantes internacionales y británicas.

La primera frecuencia intermedia es 37,3 MHz y como la frecuencia del oscilador local es superior a la frecuencia de la señal, las frecuencias imagen están por encima de 74,6 MHz y fuera, por lo tanto, de la gama de frecuencias del receptor. Un filtro de cristal con una anchura de banda de 12 kHz a 6 dB y 26 kHz a 60 dB proporciona selectividad antes de atacar las etapas de amplificación de frecuencia intermedia. La primera frecuencia intermedia se mezcla con la salida de un segundo oscilador de 48 MHz controlado por cristal en otro mezclador equilibrado en anillo con diodos "hot carrier" para así producir la segunda frecuencia intermedia de 10,7 MHz. Enclavando en fase este oscilador con el patrón de 5 MHz, se pueden aliviar las exigencias de estabilidad del cristal de 48 MHz, a la vez que se conserva la estabilidad de frecuencia del patrón. La elección de la frecuencia de 10,7 MHz como segunda frecuencia intermedia vino condicionada por la disponibilidad de filtros de cristal propios a esta frecuencia y por el coste relativamente bajo de los diseños especiales.

Cuatro filtros de cristal dan selectividades compatibles con el tipo de señal recibida. Tres de ellos se usan para recibir OC y BLD y un cuarto sirve para la banda lateral superior en el caso de recepción de BLU. Los factores de forma de los filtros de OC y BLD dan anchuras de 12 kHz/26 kHz, 2 kHz/12 kHz y 1 kHz/5 kHz respectivamente a 6 dB/60 dB, mientras que el filtro BLU tiene una anchura de banda de +150 Hz a 2700 Hz a 6 dB, bajando a 60 dB en -500 Hz y +3800 Hz. Se utilizan conmutadores con diodos para conectar estos filtros al circuito.

Un tercer mezclador produce la frecuencia intermedia final de 450 kHz, combinando la segunda frecuencia intermedia con la salida de un oscilador de 10,25 MHz controlado por cristal. La frecuencia del oscilador se puede variar ± 250 Hz alrededor de su valor nominal mediante un diodo varicap que tiene una polarización CC aplicada desde el control "clarificador" de sintonía fina. Dos cristales ligeramente desplazados por encima y por debajo de 450 kHz junto con el filtro de 1 kHz de anchura de banda dan una anchura de banda de 300 Hz/4 kHz a 6 dB/60 dB para la recepción de OC. Los problemas de estabilidad con una banda estrecha en 10,7 MHz a 6 dB condujeron a la utilización de una sección de filtro a 450 kHz.

La recepción de BLD se hace mediante un detector de envolvente con diodos, utilizándose un detector de producto para la recepción de OC y BLU, y ajustándose la salida de audio de ambos detectores de forma que sea nominalmente igual. Para la recepción de OC, se mezcla la señal con la salida de un oscilador de frecuencia de batido de 450 kHz, sintonizado mediante diodos varicap en una gama de ± 3 kHz, mientras que para la recepción de BLU la señal se mezcla con la salida de un oscilador de cristal sintonizado a 450 kHz con gran precisión.

El voltaje para el control automático de ganancia se obtiene a partir del detector de envolvente y controla unos atenuadores de diodos en los amplificadores de 10,7 MHz y 37,3 MHz, y un atenuador de diodos p-i-n en la etapa de radiofrecuencia. El atenuador de la etapa de radiofrecuencia no comienza a funcionar hasta que el nivel de la señal recibida se aproxima a un milivoltio. Hay salidas de audio a un altavoz interno y a conectores para auriculares, línea y altavoces externos.

El equipo R700M trabajará con una alimentación principal de 110-125 voltios y 200-250 voltios, a 47-63 Hz, así como con una alimentación de reserva de 24 voltios CC. La conmutación automática de la alimentación principal a la de reserva tiene lugar en cuanto falla aquella, existiendo un indicador en el panel frontal que se ilumina en cuanto se da esta circunstancia.

Se usa una fuente de alimentación, regulada por conmutación, de gran rendimiento, siendo el consumo nominal del receptor de 40 vatios con la alimentación principal y 35 vatios con la de reserva.

El equipo R700M satisface plenamente las especificaciones británicas MPT 1201 para los receptores marítimos principales y TSC 75 para los de reserva.

J. N. Mc Ainsh
International Marine Radio Company Limited
Croydon, Reino Unido

Jerry Mc Ainsh es ingeniero jefe de IMRC y responsable del desarrollo de nuevos equipos en el campo de la radio marítima.

Nuevas realizaciones

Los Ministerios de Alemania Federal utilizan equipos de radio para racionalizar el funcionamiento del parque móvil.

En el intento de racionalizar el servicio del parque móvil de los Ministerios Federales, el Ministerio Federal del Interior ha encargado a SEL (Standard Elektrik Lorenz) una red de radio. Esta red consistirá en un Centro de Envío de Vehículos y transmisores-receptores de radio en todos los vehículos del parque móvil. A través de la red telefónica pública o de la red interna, los 18 Ministerios solicitarán los vehículos que necesiten al Centro de Envío, que está provisto de un sistema de respuesta y distribución de llamadas para evitar los casos de línea ocupada. El Centro de Envío puede entonces gobernar las asignaciones de vehículos de acuerdo con cada situación particular.

Además del transmisor-receptor SE205, los vehículos están equipados con un dispositivo de codificación que efectúa la transmisión automática de informaciones tales como identificación del vehículo, situación, condición, llamada, respuesta de llamada y llamada de emergencia. Además, el aparato dispone de dos indicadores de siete segmentos para indicación de la condición de funcionamiento y de la banda de frecuencia utilizada, así como una llave de codificación para la introducción del código de identidad y la combinación de llamada selectiva. Esta llave de codificación permite cambiar los transmisores-receptores sin tener que cambiar la identificación del vehículo; al mismo tiempo previene el uso sin autorización del aparato. Sin más que apretar un botón, el aparato SE205 transmite intermitentemente llamadas de emergencia, manteniendo el micrófono conectado de forma que el Centro de Envío puede oír lo que está sucediendo en el vehículo. Cuando el conductor abandona el vehículo, toma consigo un receptor de bolsillo que le indica las llamadas entrantes.

En el Centro de Envío existe un panel con indicadores de 7 dígitos. Cuatro dígitos se utilizan para la identificación del vehículo, dos alternativamente para la indicación de la situación del vehículo dentro del área de Bonn o de la condición de funcionamiento (conduciendo, esperando, etc.), y uno para la indicación del canal de conversación utilizado. El pupitre de control está equipado con teclas para la llamada selectiva de vehículos. Cuando el aparato del vehículo móvil acusa recibo de una llamada, el campo del indicador asociado luce. Las llamadas de los vehículos se indican audible y visualmente. En caso de llamadas de emergencia se enciende adicionalmente una luz roja centelleante.

Esta red de radio permite una utilización esencialmente mejor del parque móvil de los Ministerios, de forma que el número de conductores y vehículos podría reducirse en un 30%.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal de Alemania

Receptor marino de vigilancia y de alarma.

La supervisión completa de llamadas de socorro en el margen de frecuencias de 494 a 506 kHz, es una de las principales características de este nuevo receptor radiotelegráfico. Para reducir la posibilidad de falsas alarmas durante períodos de fuertes interferencias, el selector de alarma está previamente preparado para que funcione solamente después de que se hayan recibido 4 rayas consecutivas de una señal de socorro. Cuando el receptor ha sido activado, un dispositivo de aviso genera un tono audible penetrante y se activan los timbres externa.

Designado como AA734, el receptor puede suministrarse para montaje en un bastidor o en un mamparo del barco. Funciona con alimentación de 110/220V CA, mientras que el dispositivo de aviso y los timbres de alarma funcionan con la alimentación de 24V CC de emergencia del barco. El receptor cumple con las especificaciones del Reino Unido MPT 1211 para equipos de alarma automática radiotelegráfica de barcos y MPT 1206 para receptores de vigilancia radiotelegráfica.

International Marine Radio Company, Reino Unido

Sistema de transmisión PCM-2.

El sistema de modulación por impulsos codificados PCM-2, desarrollado por STR (Standard Telephone and Radio), tiene una capacidad de 30 canales telefónicos y permite la transmisión digital sobre pares de cables equilibrados, especialmente en la red de distrito.

El equipo cumple con las últimas recomendaciones del CCITT para sistemas de 2048 kbit/s y cumple asimismo las principales especificaciones del C.E.P.T. Además está equipado con circuitos supervisores muy

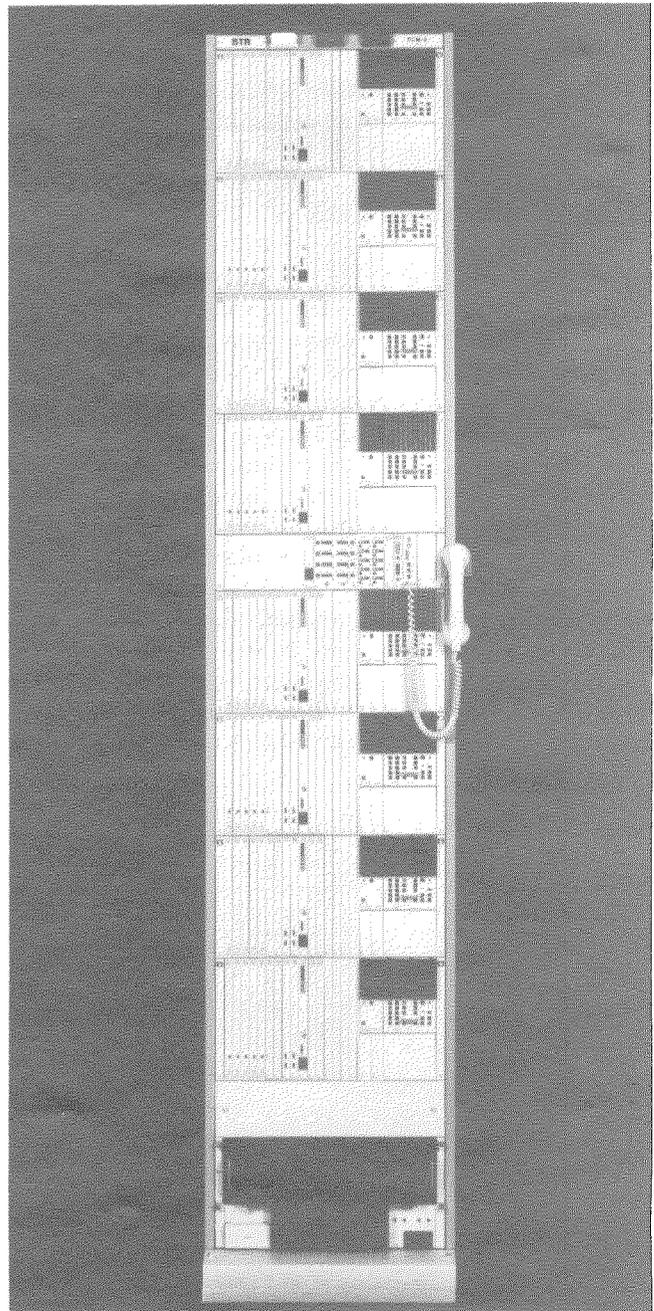
eficaces y con un sistema de localización de fallo especialmente orientado hacia el mantenimiento.

El equipo terminal puede adaptarse para funcionar con canales de FV a 2 ó 4 hilos. Con cada conversación pueden asociarse 1 ó 2 canales de señalización. Unidades de inserción y extracción permiten la transmisión de datos a 64 kbit/s por cualquiera de los canales telefónicos.

Los repetidores regenerativos, espaciados alrededor de 2 km y equipados con ecualizadores automáticos para cada sección del cable, se alimentan por las unidades de alimentación remotas incluidas en los terminales de línea asociados con el equipo terminal. Uno de los principales objetivos en el desarrollo de los repetidores regenerativos es una elevada inmunidad contra la diafonía, con el fin de asegurar un funcionamiento satisfactorio en los cables del distrito, en caso de pequeña atenuación de la diafonía.

El diseño sigue la nueva práctica de equipos BW 72 del PTT suizo. El bastidor puede acomodar hasta 8 cuadros de equipos terminales incluyendo los terminales de línea, que, si es necesario, pueden también colocarse en un bastidor separado.

Standard Telephone and Radio AG, Suiza



Bastidor de equipo terminal PCM-2 que incluye los terminales de línea.

Primera instalación en el Reino Unido de equipo Marisat.

Recientemente, International Marine Radio Company, una compañía británica de ITT, se convirtió en la primera compañía británica que proporciona equipo para uso comercial con el satélite de comunicaciones marítimas Marisat. Este nuevo equipo fue instalado a bordo del buque cableero Mercury de la compañía Cable and Wireless.

Marisat, un satélite en órbita geoestacionaria sobre el Océano Atlántico que cubre el Océano Atlántico y el Océano Índico hasta el Golfo Pérsico, proporciona a los barcos comunicaciones seguras y libres de interferencias. De esta manera, la flota mercante no necesita depender por más tiempo de los a veces imprevisibles enlaces radio que están sujetos a frecuentes interrupciones.

International Marine Radio Company, Reino Unido

Sistema de control y señalización para la Estación Central de Stuttgart.

En septiembre de 1973, SEL (Standard Elektrik Lorenz), recibió un pedido de los Ferrocarriles de la República Federal de Alemania para la instalación de un nuevo sistema de Control y Señalización para la Estación Central de Stuttgart (Comunicaciones Eléctricas, Vol. 49, n° 2 de 1974).

La instalación de los aparatos que forman el equipo exterior, comenzó en 1974. Este trabajo incluyó 490 accionamientos de aguja, 100 señales principales, 580 señales de maniobra, así como 580 circuitos de vía y 170 contadores electrónicos de ejes para las indicaciones de la situación de la vía (libre u ocupada). Tras la finalización de la torre para el Puesto de Mando en la primavera de 1975, comenzó la fase de instalación de los equipos interiores que abarca, dentro de la sala de operaciones, dos grandes paneles de control geográfico (altura 2,20 m y longitud 6 m y 8 m, respectivamente), que incorporan los sistemas de mando e indicaciones, nueve puestos de control de operador y dos salas para el alojamiento de los equipos de supervisión y control, el sistema de suministro de energía con 50 paneles de conmutación y 16 convertidores, así como el correspondiente cableado.

En lo que resta del año 1976, SEL comenzará las pruebas finales del sistema de control y señalización. Posteriormente seguirán las pruebas que realicen los Ferrocarriles de la República Federal de Alemania.

Con el fin de que el personal de los Ferrocarriles se familiarice con el nuevo sistema, éste trabajará en paralelo en las instalaciones existentes durante el período inicial.

El sistema entrará en funcionamiento a finales del año 1977 o comienzos de 1978. La ruta urbana subterránea de alta velocidad, cuyos equipos de control para cuatro estaciones de parada y un bucle terminal están también incluidos en la torre del Puesto de Mando, se pondrán en servicio al mismo tiempo.

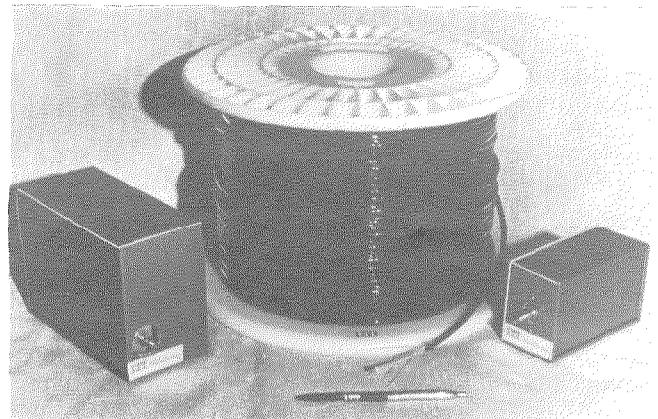
Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal de Alemania

Dos nuevos sistemas de transmisión por fibra óptica

ITT Electro-Optical Products Division, una compañía asociada a ITT, ha anunciado la aparición de dos nuevos sistemas de transmisión por fibra óptica, uno analógico (FOX-IA) y otro digital (FOX-ID). Los sistemas utilizan un diodo LED de elevada luminosidad y flanco anterior de bajo ruido con diodo PIN para optimizar la eficiencia óptica del enlace. Cada sistema se puede utilizar con haces de fibra óptica o fibras individuales por enlaces de canal. Para funcionamiento con fibras individuales, se suministra un acoplador de salida para interconexión con el extremo de la fibra óptica.

El sistema analógico ofrece un canal de banda ancha con una anchura de banda de hasta 20 MHz, adecuado para señales de video tales como televisión en color, mas hasta dos canales de voz de banda estrecha opcionales. Por multiplexado FM de las señales, sólo se necesita un canal óptico para la transmisión. El receptor analógico se caracteriza también por su control de ganancia automática que mantiene el nivel de salida a un valor pico a pico preestablecido, independiente de la entrada o de las pérdidas ópticas. El diseño modular simplifica la localización y reparación de averías, permitiendo modificación de circuitos a bajo coste y con relativa fiabilidad.

El sistema digital es capaz de transmitir datos a velocidades de hasta 20 Mbit/s sobre distancias de un kilómetro. La distancia del enlace de da-



Dos nuevos sistemas de transmisión por fibra óptica, uno analógico y otro digital, han sido anunciados por ITT Electro-Optical Products Division. Ambos sistemas utilizan un diodo LED de elevada luminosidad y flanco anterior de bajo ruido con diodos PIN para optimizar la eficiencia óptica de enlace. Cada sistema se puede utilizar con haces de fibra óptica o con fibra única por grupo de vías. El plazo de entrega es de 60 días.

tos depende de las características del cable de fibra óptica utilizado. Las señales de entrada y salida con los datos de salida regenerados en amplitud son compatibles con TTL.

Ambos enlaces tienen las mismas características físicas. La unidad de transmisión tiene unas dimensiones de 12,954 cm × 18,288 cm × 29,591 cm (5,1" × 7,2" × 11,65"). La unidad receptora tiene 19,3 cm × 29,7 cm × 42,5 cm (7,6" × 16,75"). El transmisor pesa 0,246 kg (0,5 libras) y el receptor 0,861 kg (1,75 libras). Para cada unidad se necesitan fuentes de alimentación de tensión continua independientes. El plazo de entrega es de 60 días.

ITT Electro Optical Products Division,
Estados Unidos de América

Centrales tipo barras cruzadas para la Compañía Legal and General Assurance.

ITT Business Systems Group ha instalada ya 3 centralitas PABX (Centralita Privada Automática) tipo PENTOMAT* 1000CT, en diferentes localidades, para la Compañía Legal and General Assurance. La primera central fue instalada en 1975 en las oficinas de Hove y tiene un total de 220 extensiones que utilizan 31 líneas de enlace a la red pública más 4 líneas privadas. Estas permiten a la dirección de la compañía mantener comunicaciones rápidas con el público; dos operadoras, trabajando sobre modernas consolas de teclado, manejan las llamadas entrantes. Estas consolas disponen de paneles iluminados de presentación digital para identificar tanto las extensiones que llaman como las llamadas, y confirmar que las llamadas de la operadora a través de la red pública han sido correctamente marcadas.

El sistema instalado en Southgate, al norte de Londres, es similar en tamaño al instalado en Hove, pero debido a la existencia de una mayor necesidad de ponerse en contacto con oficinas secundarias y con la oficina principal, el sistema tiene 16 líneas privadas, lo que permite realizar cualquier número de llamadas entre localidades a un coste conocido.

El tercer sistema, que ha sido ahora instalado en las nuevas oficinas de Temple Court, en Londres, tiene 350 extensiones y 39 líneas de enlace a la red pública, más 30 líneas privadas que formarán la base de una red privada de alcance nacional. Este sistema será atendido por 3 operadoras. Además de las numerosas facilidades de los otros sistemas, el servicio de llamada rápida dará al usuario la posibilidad de seleccionar por medio de una sola tecla hasta 15 extensiones preseleccionadas, y un servicio de conversaciones múltiples controlado por la operadora, permite a ésta conectar simultáneamente hasta 6 extensiones ó 4 extensiones y un llamante externo.

ITT Business System Group, Reino Unido

* Marca registrada del sistema ITT

Nuevas realizaciones

Sistema de transmisión por fibra óptica para la red telefónica.

Standard Telephone and Cables (STC), una compañía británica de ITT, realizará una demostración de campo de un sistema de transmisión óptico-digital de 140 Mbit/s capaz de transportar casi 2000 conversaciones telefónicas simultáneas. El sistema de prueba se instalará en la red telefónica del British Post Office (BPO) durante la segunda mitad de 1977.

El objeto de la prueba es demostrar el estado actual de la tecnología de transmisión por cable de fibra óptica fuera del laboratorio. Instalado y funcionando en condiciones de explotación, proporcionará la oportunidad para evaluar las soluciones actuales a los problemas especiales que presentan los sistemas de transmisión por fibra óptica.

STC, en colaboración con otras compañías europeas de ITT, suministrará el equipo terminal, el cable de fibra óptica y los regeneradores especiales para el sistema, mientras que BPO cederá una ruta canalizada típica entre edificios del BPO en un área urbana. La ruta tendrá una longitud de 9 km con repetidores cada 3 km; incluirá dos terminales y dos estaciones repetidoras equipadas cada una de ellas con dos regeneradores en cada dirección de transmisión. Los repetidores se instalarán en cajas repetidoras estándar del BPO en las galerías de servicio existentes a lo largo de la ruta. El cable constará de fibras de bajas pérdidas con un miembro central de soporte y una cubierta exterior de polietileno. La energía se suministrará a través de conductores metálicos incluidos dentro del cable.

Esta instalación de prueba representará una importante contribución a la realización práctica de sistemas de transmisión por fibras ópticas.

Standard Telephone and Cables, Reino Unido

Conmutador electrónico de diafragma.

Este nuevo conmutador electrónico de corto recorrido y pequeña altura, para montaje en placas impresas, se caracteriza por un conjunto de contacto de diafragma doble único en el mundo, con una vida mayor en comparación con los conmutadores equivalentes que utilizan contactos normales. La máxima altura por encima de la placa es exactamente de 10,5 mm.

Adecuado para placas impresas con separaciones de 2,5 mm, el conmutador DMB se caracteriza por un sencillo mecanismo de autoliberación de no contacto. Los contactos están sellados y el material aislante es de llama auto-extinguible. El tipo profesional tiene contactos metalizados en oro, aunque también existe un tipo semiprofesional con contactos metalizados en plata. Opcionalmente se incluye el suministro de 1 ó 2 lámparas indicadores LED para indicar el estado de conmutación.

La vida mecánica es típicamente de 2×10^6 operaciones. La vida eléctrica, a la potencia nominal máxima es de 10^6 operaciones. Existen dos tipos para corrientes de conmutación de 50 y 100 mA.

Hemos introducido también una gama de relés miniatura en corriente continua, de bajo coste, para montaje sobre placas impresas o sobre chasis, caracterizados por un contacto de conmutación en la forma normalizada, o un contacto de cierre o de apertura como opciones. La máxima potencia conmutada es de 1100 VA a 50 Hz ó 150 W CC. El consumo de potencia de la bobina, a la tensión nominal, varía entre 90 y 1050 mW dependiendo del tipo. Aplicaciones típicas incluyen automatización, dispositivos de señalización, y circuitos lógicos y de control.

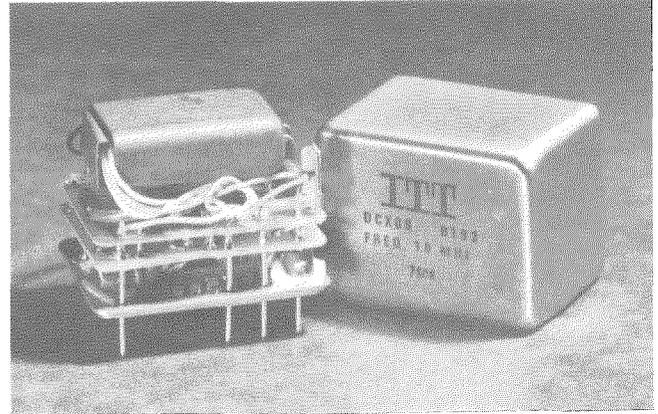
La gama PL6 ofrece una elevada fiabilidad, con una vida eléctrica superior a 3×10^5 operaciones. La vida mecánica típica es mayor que 10^7 operaciones.

ITT Components Group Europe, Reino Unido

Oscilador de cristal de pequeña altura.

La división de Cristales de Cuarzo de ITT Components Group Europe, ha introducido recientemente el oscilador de cristal SPXO 14 que exhibe una estabilidad frecuencia/temperatura invariable. La frecuencia puede especificarse en el margen de 4 a 40 MHz. La altura del oscilador de cristal montado en una placa impresa es solamente de 7,5 mm.

Este oscilador, que emplea un circuito integrado TTL junto con componentes adicionales para la determinación de la frecuencia y de la polarización, accionará 10 circuitos de carga TTL. La tensión de funcionamiento es de $5 \text{ V} \pm 0,25 \text{ V}$. La estabilidad en función de la temperatura durante el primer año de funcionamiento puede especificarse en $\pm 2, \pm 5$ ó



Uno de los osciladores de cristal de cuarzo en horno con temperatura controlada, con una estabilidad en temperatura excepcional, de la nueva gama que ha sido recientemente introducida por ITT Components Group Europe.

$\pm 10 \times 10^{-6}$. La máxima variación de frecuencia debida a cambios en la tensión de alimentación es de $\pm 2 \times 10^{-6} \text{ V}^{-1}$ a 5 MHz.

ITT Components Group Europe, ha introducido también una nueva gama de osciladores de cristal de cuarzo en hornos controlados en temperatura para aplicaciones tales como radiocomunicaciones, ayudas a la navegación e instrumentación, en las que la estabilidad en función de la temperatura debe ser mejor que 10^{-6} . Las series OCXO 9.1/9.3 (ver fotografía), son dispositivos muy compactos que cubren la gama de frecuencias comprendida entre 4 y 20 MHz. Son adecuados para tensiones de alimentación en el margen de 10 a 24 V, y su estabilidad de frecuencia dentro de una banda de temperaturas de hasta 70 °C puede calcularse a partir de un coeficiente de temperatura típico de $10^{-9} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$. La frecuencia puede variarse por un potenciómetro externo con tensión aplicada exterior. La salida necesita una resistencia de actuación de 1,5 kΩ conectada a una línea de 5 V para poderse adaptar directamente con una carga TTL. La estabilidad de funcionamiento se consigue dentro de los 5 minutos a partir del momento en que se enchufa.

ITT Components Group Europe, Reino Unido.

Sistema de conmutación de datos EDS.

A finales de mayo de 1976, se ha puesto en funcionamiento en Bielefeld el primer centro de conmutación de datos de SEL (Standard Elektrik Lorenz) diseñado con tecnología EDS. Este centro de conmutación tiene una capacidad de 4600 terminales (abonados y líneas de enlace) y puede ampliarse hasta 16.000 terminales.

EDS es un sistema de conmutación de los datos completamente electrónico con control por ordenador y conmutación asíncrona por división en el tiempo, empleando las técnicas más modernas, es decir, componentes integrados y miniaturizados. El sistema de conmutación EDS se basa en un sistema de módulos interrelacionados según el principio de memoria o multiproceso. Con el fin de asegurar una elevada fiabilidad al sistema, los módulos del sistema central están duplicados.

La nueva técnica EDS ofrece numerosas características sumamente interesantes tanto para el abonado de datos individual como para las administraciones.

Para los abonados existe la posibilidad de velocidad de datos desde 50 a 200 bit/s y 2,4 kbit/s, que puede aumentarse hasta 48 kbit/s posteriormente. Además ofrece al abonado una serie de modernos servicios tales como marcaje por botonera, marcaje abreviado, registro automáticos de cargos, transmisión por radio y llamada directa.

Para las administraciones, EDS ofrece funcionamiento y mantenimiento simplificado debido a la automatización de las funciones administrativas, un ahorro de espacio de alrededor del 50% y la posibilidad de combinar servicios diferentes, tales como Telex, Datex, Gentex, es decir hacerles funcionar como una red integrada utilizándolos conjuntamente con los centros de conmutación EDS.

Standard Elektrik Lorenz AG, República Federal de Alemania

Conectores flexibles de circuitos.

Esta nueva gama de conectores ha sido diseñada para terminaciones engastadas para circuitos flexibles y cables planos. Los conectores se presentan con separación entre terminales normalizada de 2,54 mm (0,3 pulgadas).

La gama FIXAFLEX* se presenta en 6 modelos básicos. Los modelos 1 y 2 son conectores macho y hembra para la conexión desmontable de circuitos. Los modelos 3 y 4 son para conexión directa a una placa impresa que utiliza soldadura directa; los terminales del modelo 3 son del tipo de patillas a 90° y los del modelo 4 son del tipo de soldadura recta y minienrollado (miniwrap). Finalmente los modelos 5 y 6 son conectores para placas impresas con zócalos hembra y con los extremos de los terminales rectos o formando 90° respectivamente.

Cada modelo presenta 15 opciones diferentes en lo que al número de contactos se refiere, variando desde 5 hasta 40, lo que los hace adecuados para la mayoría de los circuitos flexibles multiconductores y cables planos existentes. Una simple acción de plegado (engastado) fija los conductores al conector.

Los conectores FIXAFLEX se fabrican en poliéster con contactos de latón recubiertos de oro, y son adecuados para cables flexibles de 0,125 mm de espesor. Las características típicas de estos conectores son:

- tensión de trabajo:	300 V CC ó CA de pico
- corriente de trabajo máxima:	2 A
- temperatura de trabajo máxima:	363 K (90 °C)
- resistencia de aislamiento mínima:	10 ³ MΩ
- máxima resistencia de contacto para un par acoplado:	25 mΩ.

ITT Cannon, Reino Unido

ICAO y el sistema de datos INFORMEX*.

La División de Sistemas de Datos de CGCT (Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques), acaba de poner en servicio un sistema de información de aeropuertos, cuya originalidad radica en la combinación de una red de transmisión telegráfica, la de ICAO (Organización Internacional de Aviación Civil) con localización y extracción de datos.

Este sistema de información, instalado en Moscú, tiene su sistema organizado alrededor de un fichero grabado con anterioridad. Este fichero contiene los vuelos internacionales con escala en Moscú, así como los vuelos nacionales (la capacidad actual del fichero es de 13.000 vuelos).

El sistema INFORMEX* está conectado al Centro de Conmutación de Datos de ICAO, instalado anteriormente por CGCT, y recoge de este Centro los mensajes de la red AFTN (Red de Telecomunicación Fija Aeronáutica) para actualizar el fichero (400 mensajes por hora por término medio).

Utilizando estos datos recogidos, funcionan los siguientes medios de información visual y telefónica:

- Telefónicos

Un centro de información con un sistema de distribución de llamadas telefónicas y aparatos de presentación visual (50 operadores) conectados al sistema INFORMEX.

- Visuales

Paneles de presentación visual en el terminal aéreo y en los aeropuertos (hasta un máximo de 8 aeropuertos) en los que se presentan progresivamente los vuelos de acuerdo con el orden cronológico de los parámetros (hora de partida de los autobuses, puertas de comprobación, puertas de partida, etc.).

* Marca registrada del sistema ITT

Aparatos de presentación visual están instalados en los aeropuertos y en los hoteles, suministrando información relativa a horarios, precios, paradas programadas y aviones.

Además de estas instalaciones de información para el público, se dispone de dispositivos para los técnicos.

De la red de ICAO, el sistema INFORMEX recoge mensajes que contienen datos meteorológicos, de control de tráfico aéreo y del ritmo de actividad.

Los ficheros meteorológicos se completan y actualizan permanentemente, permitiendo a los técnicos conocer las condiciones actuales del tiempo y pronosticar el tiempo para un determinado lugar, etc.

Con el sistema INFORMEX se ha demostrado que una red de telecomunicación puede proporcionar un sistema de datos, con datos en tiempo real de la mayor fiabilidad.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

Terminales de ensamble por plegadura para circuitos flexibles.

La gama de terminales FLEXIFAST*, recientemente introducida, es adecuada para adaptar por plegadura a circuitos flexibles con conductores planos. Los terminales se montan en cananas para realizar terminaciones directas utilizando máquinas de ensamblar semiautomáticas. El contacto eléctrico con los conductores se realiza "mordiéndolo" el aislamiento del cable plano y por consiguiente no es necesario un pelado previo del cable.

Se dispone de cuatro tipos básicos de terminales: hembra, de desconexión rápida, macho en forma de cuchilla y pala; todos ellos fabricados en latón niquelado. Las características típicas de estos terminales son:

- corriente de trabajo máxima:	15 A
- resistencia máxima de la unión:	10 mΩ
- temperatura máxima de trabajo:	363 K (90 °C).

Las terminaciones FLEXIFAST son particularmente adecuadas para aplicaciones en artículos de consumo no perecederos, automóviles e industrias similares, donde pueden conseguirse terminaciones de circuitos flexibles rápidos y a bajo coste, con buena resistencia mecánica.

ITT Cannon, Reino Unido

Puesta en servicio de otras dos centrales telefónicas tipo METACONTA*.

Acaban de ser puestas en servicio dos nuevas centrales telefónicas públicas semielectrónicas, tipo METACONTA* L.

La primera de ellas, que utiliza miniconmutadores METABAR* está instalada en Casablanca. Va equipada para 10.000 líneas y está conectada a 5000 abonados. Esta es la segunda central telefónica tipo METACONTA que funciona en Marruecos, después de la de Rabat que fue puesta en servicio en diciembre de 1971.

La segunda de estas centrales telefónicas instalada recientemente, está situada en Mónaco. Su capacidad inicial es de 5000 líneas, con una posible ampliación hasta 10.000 líneas.

CGCT (Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques) ha puesto en funcionamiento hasta ahora 24 centrales telefónicas semielectrónicas tipo METACONTA L, de las cuales 20 son privadas y 4 públicas.

Hay que hacer resaltar que CGCT es actualmente la compañía francesa con el mayor programa de industrialización de centrales telefónicas controladas por ordenador.

Compagnie Générale de Constructions Téléphoniques, Francia

* Marca registrada del sistema ITT

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
78140-Vélizy-Villacoublay, France

Solamente pueden aceptarse pedidos por cantidades de al menos 100 separatas de cada artículo.