

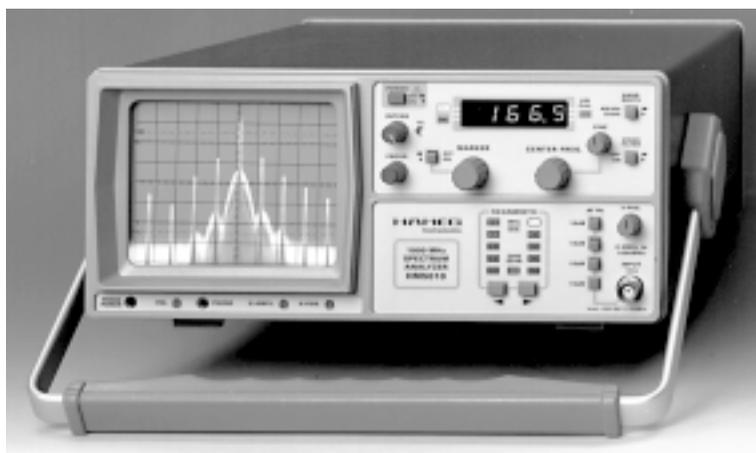
ESPAÑOL

**HAMEG**<sup>®</sup>  
Instruments

## Manual

# Analizador de espectros

# HM5010/5011



MANUAL • HANDBUCH • MANUEL



Datos técnicos HM5010/5011 .....	7
Conjunto de sondas HZ530	
para la diagnosis de EMC .....	8
Sonda de campo H .....	8
Sonda de alta impedancia .....	8
Monopolo de campo E .....	9
Información general .....	10
Símbolos .....	10
Colocación del aparato .....	10
Seguridad .....	10
Condiciones de funcionamiento .....	11
Garantía .....	12
Mantenimiento .....	12
Cambio de tensión de red .....	13
Principio de funcionamiento .....	14
Modo de empleo .....	15
Mandos de control .....	16
Calibración Vertical .....	21
Calibración Horizontal .....	21
Introducción al análisis espectral .....	22
Tipos de analizadores de espectros .....	23
Requisitos de un analizador de espectros .....	25
Medición de frecuencias .....	25
Resolución .....	26
Ruidos - Sensibilidad .....	27
Filtros de Vídeo .....	28
Sensibilidad - Nivel de entrada máx. ....	29
Respuesta en frecuencia .....	30
Generadores de seguimiento .....	30
Comprobación de funcionamiento del .....	32
analizador de espectros HM5010 .....	32
Accesorios .....	33
Block Diagram HM5010/11 .....	34
HM5010 .....	35
HM5011 .....	36

## Indicaciones generales en relación a la marca CE

Los instrumentos de medida HAMEG cumplen las prescripciones técnicas de la compatibilidad electromagnética (CE). La prueba de conformidad se efectúa bajo las normas de producto y especialidad vigentes. En casos en los que hay diversidad en los valores límites, HAMEG elige los de mayor rigor. En relación a los valores de emisión se han elegido los valores para el campo de los negocios e industrias, así como el de las pequeñas empresas (clase 1B). En relación a los márgenes de protección a la perturbación externa se han elegido los valores límite válidos para la industria.

Los cables o conexiones (conductores) acoplados necesariamente a un osciloscopio para la transmisión de señales o datos influyen en un grado elevado en el cumplimiento de los valores límite predeterminados. Los conductores utilizados son diferentes según su uso. Por esta razón se debe tener en cuenta en la práctica las siguientes indicaciones y condiciones adicionales respecto a la emisión y/o a la impermeabilidad de ruidos.

### 1. Conductores de datos

La conexión de aparatos de medida con aparatos externos (impresoras, ordenadores, etc.) sólo se deben realizar con conectores suficientemente blindados. Si las instrucciones de manejo no prescriben una longitud máxima inferior, esta deberá ser de máximo 3 metros para las conexiones entre aparato y ordenador. Si es posible la conexión múltiple en el interfaz del aparato de varios cables de interfaces, sólo se deberá conectar uno.

Los conductores que transmitan datos deberán utilizar como norma general un aislamiento doble. Como cables de bus IEEE se prestan los cables de HAMEG con doble aislamiento HZ72S y HZ72L.

### 2. Conductores de señal

Los cables de medida para la transmisión de señales deberán ser generalmente lo más cortos posible entre el objeto de medida y el instrumento de medida. Si no queda prescrita una longitud diferente, esta no deberá sobrepasar los 3 metros como máximo.

Todos los cables de medida deberán ser aislados (tipo coaxial RG58/U). Se deberá prestar especial atención en la conexión correcta de la masa. Los generadores de señal deberán utilizarse con cables coaxiales doblemente aislados (RG223/U, RG214/U).

### 3. Repercusión sobre los instrumentos de medida

Si se está expuesto a fuertes campos magnéticos o eléctricos de alta frecuencia, puede suceder, que a pesar de tener una medición minuciosamente elaborada se cuelen porciones de señales indeseadas en el aparato de medida. Esto no conlleva a un defecto o paro de funcionamiento en los aparatos HAMEG. Pero pueden aparecer, en algunos casos por los factores externos y en casos individuales, pequeñas variaciones del valor de medida más allá de las especificaciones predeterminadas.

**Diciembre 1995**  
**HAMEG**

KONFORMITÄTSERKLÄRUNG  
DECLARATION OF CONFORMITY  
DECLARATION DE CONFORMITE



**HAMEG**®  
Instruments

Name und Adresse des Herstellers  
Manufacturer's name and address  
Nom et adresse du fabricant

HAMEG GmbH  
Kelsterbacherstraße 15-19  
D - 60528 Frankfurt

HAMEG S.a.r.l.  
5, av de la République  
F - 94800 Villejuif

Die HAMEG GmbH / HAMEG S.a.r.l. bescheinigt die Konformität für das Produkt  
The HAMEG GmbH / HAMEG S.a.r.l. herewith declares conformity of the product  
HAMEG GmbH / HAMEG S.a.r.l. déclare la conformité du produit

Bezeichnung / Product name / Designation: **Spektrum-Analysator/Spectrum Analyzer/Analyseur de spectre**

Typ / Type / Type: **HM5010 / 5011**

mit / with / avec: -

Optionen / Options / Options: -

mit den folgenden Bestimmungen / with applicable regulations / avec les directives suivantes

EMV Richtlinie 89/336/EWG ergänzt durch 91/263/EWG, 92/31/EWG  
EMC Directive 89/336/EEC amended by 91/263/EWG, 92/31/EEC  
Directive EMC 89/336/CEE amendée par 91/263/EWG, 92/31/CEE

Niederspannungsrichtlinie 73/23/EWG ergänzt durch 93/68/EWG  
Low-Voltage Equipment Directive 73/23/EEC amended by 93/68/EEC  
Directive des équipements basse tension 73/23/CEE amendée par 93/68/CEE

Angewendete harmonisierte Normen / Harmonized standards applied / Normes harmonisées utilisées

Sicherheit / Safety / Sécurité

EN 61010-1: 1993 / IEC (CEI) 1010-1: 1990 A 1: 1992 / VDE 0411: 1994  
EN 61010-1/A2: 1995 / IEC 1010-1/A2: 1995 / VDE 0411 Teil 1/A1: 1996-05  
Überspannungskategorie / Overvoltage category / Catégorie de surtension: II  
Verschmutzungsgrad / Degree of pollution / Degré de pollution: 2

Elektromagnetische Verträglichkeit / Electromagnetic compatibility /  
Compatibilité électromagnétique

EN 61326-1/A1  
Störaussendung / Radiation / Emission: Tabelle / table / tableau 4; Klasse / Class / Classe B.  
Störfestigkeit / Immunity / Imunité: Tabelle / table / tableau A1.

EN 61000-3-2/A14  
Oberschwingungsströme / Harmonic current emissions / Émissions de courant harmonique: Klasse / Class / Classe D.

EN 61000-3-3  
Spannungsschwankungen u. Flicker / Voltage fluctuations and flicker /  
Fluctuations de tension et du flicker.

Datum /Date /Date

15.01.2001

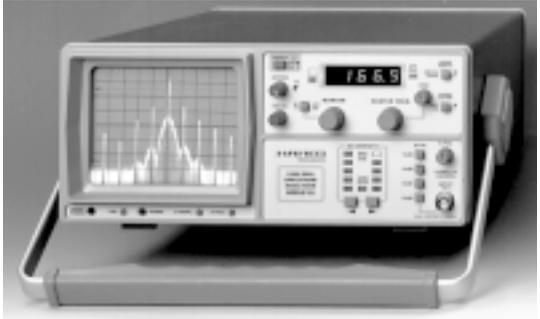
Unterschrift / Signature / Signatur

E. Baumgartner  
Technical Manager  
Directeur Technique

# Analizador de espectros HM5010/5011

- **Margen de frecuencia de 0,15MHz hasta 1GHz.**
- **Indicación digital de 5 posiciones para la frecuencia central y de marcador (resolución 0,1MHz)**
- **Margen de amplitud -100 hasta +13dBm; 20kHz, 400kHz y filtro de vídeo**
- **Generador de tracking (no incluido en el HM5010)**
- **Frecuencia continua desde 0,1MHz hasta 1GHz**
- **Tensión de salida +1dBm hasta -50dBm (en 50Ω)**

Los instrumentos HM5010 y HM5011 son idóneos para casi todas las formas de análisis de señal en el margen de frecuencias de 0,15MHz hasta 1GHz. Los dos modelos incluyen un selector de "Scanwidth". Este permite ajustar el espectro de frecuencias visualizado en pantalla entre 100kHz/div. y 100MHz/div.. Ante todo permite la resolución más elevada en rangos más pequeños en un análisis de señales con margen de frecuencia más estrecho.



Otro aspecto cualitativamente importante es, poder captar también con precisión los valores de amplitud de las señales presentadas. La totalidad del margen de medida incluyendo los atenuadores adicionales, se extiende desde -100dBm hasta +13dBm, de los cuales 80dB (10dB/div.) se utilizan para el margen de presentación de la pantalla. Las medidas selectivas de nivel se realizan en modo de "ZERO SCAN".

Ambos aparatos vienen equipados con una indicación digital de 5 posiciones, con la que se indica la frecuencia central o la frecuencia correspondiente a la posición del marcador presentado en pantalla mediante la pulsación de la tecla marker y que facilita la determinación de la frecuencia.

El HM5011 incorpora adicionalmente un generador de seguimiento (tracking), con el que pueden efectuarse también medidas en sistemas de cuatro polos. Se trata de un generador sincronizado en frecuencia por el analizador de espectros, cuyo margen de frecuencia cubre la gama de 100kHz hasta 1GHz. El nivel de salida se puede regular entre -50dBm y +1dBm en pasos de 10dB o continuamente.

Los analizadores HM5010 y HM5011 son muy económicos. Permite una gran cantidad de utilizaciones en todo el margen de la técnica de medida de AF, como por ejemplo en las medidas cualitativas de EMC. Los aparatos se caracterizan por su alta precisión en la medida y por sus emisiones bajas. Su gran equipamiento y su fácil utilización prueban nuevamente la eficiencia de los equipos HAMEG.

## HZ560 Limitador de transientes

Para la protección del circuito de entrada de analizadores de espectros, especialmente con la utilización del reproductor de redes HM6050.

## Datos técnicos HM5010/5011

### Características de la frecuencia:

**Margen de frec.:** 0,15MHz-1GHz(-3dB)  
**Exactitud de la frecuencia central:**  $\pm 100\text{kHz}$   
**Exactitud del marcador:**  $\pm(0,1\% \text{ span} + 100\text{kHz})$

**Indicación de frecuencia:**  
**Resolución:** 100kHz (LED de 5 digit)  
**Escalas de frec.:** 100kHz/div-100MHz/div. en pasos de 1-2-5 +0Hz/div.  
(Zero Scan) exactitud  $\pm 10\%$

**Estabilidad:**  
**deriva:**  $<150\text{kHz/h.}$   
**Ancho de banda de FI(-3dB):**  
**resolución:** 400kHz y 20kHz  
**filtro de vídeo on :** 4kHz  
**Frecuencia de barrido:** 43Hz

### Características de amplitud:

**Margen:** -100dBm hasta +13dBm  
**Margen de indicación:** 80dB (10dB/div.)  
**Nivel de referencia:** -27dBm hasta +13dBm (en pasos de 10dB)  
**Exactitud del nivel de referencia:**  $\pm 2\text{dB}$   
**Nivel de ruido medio:** -99dBm(12,5kHz FBB)  
**2º armónico:**  $<-75\text{dBc}$   
**Intermodulación 3er armónico:** -70dBc (2 señales separadas  $>3\text{MHz}$ )  
**Umbral de sensibilidad media:**  $<5\text{dB}$  por encima del nivel medio de ruido  
**Exactitud de la indicación:**  $\pm 2\text{dB}$   
**Amplificación de FI:** ajustable alrededor de 10dB

### Características de entrada:

**Entrada de RF:** Borne BNC con impedancia de  $50\Omega$   
**Atenuador:** 0 hasta 40dB (4 x 10 dB)  
**Exactitud del atenuador de entrada:**  $\pm 1\text{dB}$   
**Nivel máx. de entrada:** +20dBm (0,1W)(con atenuación de 40dB)  
+10dBm,  $\pm 25\text{Vcc}$  (con atenuación de 0dB)

### Tracking Generator:

**Margen de nivel de salida:** -50dBm a +1dBm (en 10 pasos de 10dB y variable)  
**Atenuadores de salida:** 0 - 40dB (4x10dB)  
**Exactitud de los atenuadores:**  $\pm 1\text{dB}$   
**Impedancia de salida:** 50W (borne BNC)  
**Margen de frecuencia:** 0,1MHz hasta 1GHz  
**Respuesta en frecuencia:**  $\pm 1,5\text{dB}$   
**Ruido en AF:**  $<20\text{dBc}$

### Varios:

**Funcionamiento:** 10° hasta 50°C  
**Tubo:** 8x10div., retícula interna  
**Rotación del haz:** Ajustable desde el frontal  
**Conexión a red:** 115/230V~, 50-60Hz  
**Consumo:** aprox. 20W máx.  
**Protección:** Clase de protección I (VDE 0411)  
**Peso:** aprox. 6kg.  
**Medidas:** An 285mm, Al 125mm, L 380 mm

Con asa de apoyo variable.

# Conjunto de sondas HZ530 para la diagnosis de EMC

El conjunto de sondas HZ530 se compone de tres sondas activas de banda ancha para el diseño de grupos electrónicos y aparatos. Contiene una sonda activa de campo magnético (sonda campo H), una sonda activa de campo eléctrico de un polo (campo E) y una sonda activa de alta impedancia. Están previstas para ser conectadas a un analizador de espectros y llevan por esta razón una salida coaxial con una impedancia de 50 ohmios. Todas las sondas tienen un ancho de banda de 100kHz hasta por encima de los 1000MHz. Para su construcción se han utilizado las tecnologías más modernas. Los GaAsFet utilizados así como los circuitos integrados para microondas (MMIC)



garantizan un nivel de ruido bajo, una amplificación elevada y alta sensibilidad. La conexión de las sondas al analizador de espectros, receptor de medida u osciloscopio se realiza mediante un cable coaxial BNC de 1,5m de longitud. Los preamplificadores incorporados en las sondas (aprox. 30 dB) hacen innecesario la utilización adicional de aparatos externos, hecho que facilita el manejo considerablemente.

Las sondas se autoalimentan por una pila/batería interna o directamente a través de los analizadores de espectros de HAMEG HM5010 y HM5011. Su diseño estilizado permite medir cómodamente el circuito que se desea comprobar, aún con difícil acceso al mismo. Un set de baterías adquirible como opción, suministra una autonomía de trabajo entre 20 a 30 horas. Posteriormente se deberá utilizar adicionalmente un cargador, suministrable como accesorio.

Las sondas se suministran en un conjunto de tres dentro de una maleta robusta y de aspecto profesional.

## Sonda de campo H

La sonda de campo H suministra al analizador de espectros un nivel proporcional a la intensidad del campo alterno. Esto permite localizar en un margen relativamente estrecho ruidos de grupos electrónicos. El origen está, en que los grupos electrónicos de moderna generación generan ruidos de baja impedancia (variaciones de tensión relativamente pequeñas con variaciones de intensidad relativamente altas). Los ruidos emitidos comienzan por esta razón en su origen, con un campo magnético alterno. Como para alcanzar la transición del campo cercano al lejano, se tiene que llegar a la relación de campo magnético/eléctrico de 337 ohmios de resistencia de onda del libre espacio, el campo H se reduce a niveles de la tercera potencia de la distancia de la fuente del ruido. El doble en distancia se corresponde a una reducción del campo a un octavo.

Durante la utilización práctica de la sonda H, se evidencia un fuerte incremento del nivel con la aproximación a la fuente de ruido. Durante el proceso de búsqueda de la fuente de ruido, se detecta por esto rápidamente el componente emisor. Es fácil de comprobar p. ej. cual de los CI está emitiendo un alto grado en ruido y cual no.

Gracias al analizador de espectros se puede reconocer entonces como se distribuye el ruido en el margen de frecuencias. Así es posible, eliminar ya en un estado preliminar del diseño, componentes poco idóneos por razones de compatibilidad electromagnética (EMC). Las contramedidas realizadas se pueden valorar cualitativamente bien. Se pueden analizar los blindajes en busca de puntos "permeables" y controlar cables y conductos eléctricos por ruidos.

## Sonda de alta impedancia

La sonda de alta impedancia permite la investigación del nivel de ruido sobre los diferentes contactos y circuitos. Es de muy alta impedancia (resistencia de aislamiento del material de los circuitos) y sólo

carga el punto de medida con 2pF. Gracias a esto se puede medir directamente en el circuito, sin generar variaciones importantes durante la medición.

Se puede medir p. ej. la reacción de filtros y de medidas de bloqueo cuantitativamente. Se pueden identificar también las diferentes conexiones de IC como fuentes de ruido. Dentro de la circuitería se pueden localizar las zonas problemáticas. Mediante esta sonda se puede hacer accesible cualquier punto del circuito al analizador de espectros.

### Monopolo de campo E

El monopolo de campo E tiene la mayor sensibilidad de las tres sondas. Es tan sensible, que se podría utilizar como antena de recepción de radio o TV. Por esta razón se puede evaluar la emisión total de un grupo electrónico o de un aparato.

Se utiliza para comprobar la eficacia de medidas de aislamiento. También se puede evaluar la eficacia total de filtrado, si corresponden a cables y conductos que se derivan de la carcasa del aparato y que influyen en la irradiación total. Además se pueden realizar mediciones relativas para la documentación de la homologación. Esto permite realizar posteriormente mejoras necesarias tan específicamente, que no se denegará una segunda tramitación a la homologación. Se pueden preparar las homologaciones tan bien, como para asegurarse de sorpresas indeseadas.

## Datos técnicos HZ530

**Margen de frecuencias:** 100kHz - >1000MHz

**(frecuencia límite inferior dependiente del tipo de sonda)**

**Impedancia de salida:** 50Ω

**Conexión:** Borne BNC

**Capacidad de entrada:** aprox 2pF (sonda de alta impedancia)

**Nivel de entrada máx.:** +10dBm (no deteriorable)

**Punto de compresión de 1dB:** -2dBm (dependiente de la frecuencia)

**Tensión de entrada CC máx.:** 20V

**Tensión de alimentación:** 6V<sub>CC</sub> (Pila o HM5010)

### Consumo:

aprox 8mA; sonda campo H

aprox.15mA; sonda campo E

aprox.24mA; sonda de alta impedancia

**Dimensiones de la sonda:** 40x19x195 mm (A x Al x L)

**Caja:** Plástico con aislamiento eléctrico en el interior  
Maleta de transporte

### Contenido :

1 sonda de campo H

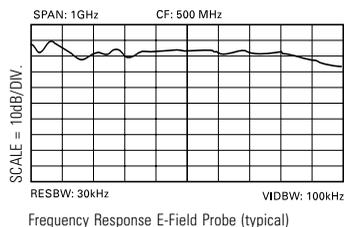
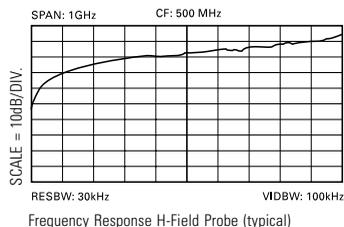
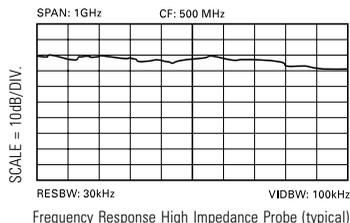
1 sonda de campo E

1 sonda de alta impedancia

1 cable BNC - BNC

1 cable de alimentación

**Las pilas (tipo Mignon) no van incluidas en el suministro!**



## Información general

Después de desembalar el aparato, compruebe primero que este no tenga daños externos ni piezas sueltas en su interior. Si muestra daños de transporte, hay que avisar inmediatamente al suministrador. En tal caso no ponga el aparato en funcionamiento.

## Símbolos

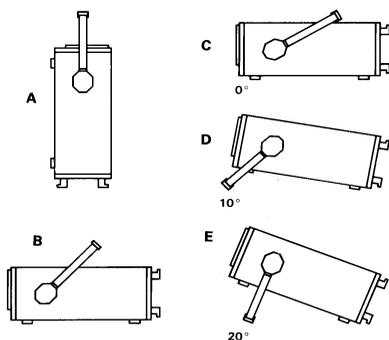
 Atender las instrucciones de manejo

 Alta tensión

 Masa

## Colocación del aparato

Para que la visibilidad de la pantalla sea óptima, el aparato se puede colocar en tres posiciones (C,D,E). Si después de su transporte en mano el aparato se apoya en posición vertical, el asa permanece en posición de transporte, (A). Para colocar el aparato en posición horizontal, el asa se apoya en la parte superior, (C). Para colocarlo en la posición D (inclinación de 10°), hay que mover el asa hacia abajo hasta que encaje automáticamente. Si requiere una posición más inclinada, sólo tiene que tirar de ella hasta que encaje de nuevo en la posición deseada (fig. E con 20° de inclinación).



El asa también permite transportar el aparato en posición horizontal. Para ello gire el asa hacia arriba y tire de él en sentido diagonal para encajarlo en pos. B. Levante el aparato al mismo tiempo ya que en esta posición el asa no se mantiene por sí sola.

## Seguridad

Este aparato ha sido construido y verificado según las Normas de Seguridad para Aparatos Electrónicos de Medida, CEI 348 y ha salido de fábrica en perfecto estado de seguridad. El manual de

instrucciones, el plan de chequeo y las instrucciones de mantenimiento contienen informaciones y advertencias importantes que deberán ser observadas por el usuario para conservar el estado de seguridad del aparato y garantizar un manejo seguro. La caja, el chasis y todas las conexiones de medida están conectadas al contacto protector de red (tierra). El aparato corresponde a la clase de protección I. Las partes metálicas accesibles para el usuario están comprobadas con respecto a los polos de red con 2200V 50Hz. A causa de la conexión con otros aparatos de red, en ciertos casos pueden surgir tensiones de zumbido en el circuito de medida. Esto se puede evitar fácilmente conectando un transformador de aislamiento (clase de protección II) entre el instrumento y la red. Por razones de seguridad, el aparato sin transformador de aislamiento solamente deberá conectarse a enchufes con puesta a tierra según las normas en vigor.

El aparato deberá estar conectado a un enchufe de red antes de conectarlo a circuitos de señales de corriente. Es inadmisibles inutilizar la conexión del contacto de tierra.

Como en la mayoría de tubos electrónicos, el tubo de rayos catódicos también produce rayos-X. Pero en este aparato la dosis iónica es muy inferior al valor permisible de 36pA/Kg.

Cuando haya razones para suponer que ya no es posible trabajar con seguridad, hay que apagar el aparato y asegurar que no pueda ser puesto en marcha involuntariamente. Tales razones pueden ser:

- el aparato muestra daños visibles,
- el aparato contiene piezas sueltas,
- el aparato ya no funciona,
- ha pasado un largo tiempo de almacenamiento en condiciones adversas (p.ej. al aire libre o en espacios húmedos),
- su transporte no fue correcto (p.ej. en un embalaje que no correspondía a las condiciones mínimas requeridas por los transportistas).

## **Condiciones de funcionamiento**

Margen de temperatura ambiental admisible durante el funcionamiento: +10°C...+40°C. Temperatura permitida durante el almacenaje y el transporte: -40°C...+70°C. Si durante el almacenaje se ha producido condensación, habrá que climatizar el aparato durante 2 horas antes de ponerlo en marcha. El analizador está destinado para ser utilizado en espacios limpios y secos. Por eso no

es conveniente trabajar con él en lugares de mucho polvo o humedad y nunca cuando exista peligro de explosión. También se debe evitar que actúen sobre él sustancias químicas agresivas. El analizador funciona en cualquier posición. Sin embargo, es necesario asegurar suficiente circulación de aire para la refrigeración. Por eso, en caso de uso prolongado, es preferible situarlo en posición horizontal o inclinada (sobre el asa). Los orificios de ventilación siempre deben permanecer despejados.



**Los datos técnicos y sus tolerancias sólo son válidos después de un tiempo de precalentamiento de 30 minutos y a una temperatura ambiental entre 15°C y 30°C. Los valores sin datos de tolerancia deben considerarse como valores aproximados para una aparato normal.**

## Garantía

Antes de abandonar la producción, todos los aparatos se someten a una prueba de calidad con un «burn in» de 10 horas. Manteniendo el aparato en funcionamiento intermitente, es posible reconocer cualquier defecto. Después sigue una comprobación completa de todas las funciones y del cumplimiento de los datos técnicos. Pero aún así, es posible que algún componente se averíe después de un tiempo de funcionamiento más prolongado. Por esta razón, todos los aparatos tienen una garantía de 2 años. La condición es que no se haya efectuado ningún cambio en el aparato y se remita el registro de garantía a HAMEG (dirección ver tapa trasera del manual). Se aconseja guardar cuidadosamente el embalaje original para posibles envíos del aparato por correo, tren o transportista. Los daños de transporte y los daños por grave negligencia no quedan cubiertos por la garantía. En caso de reclamaciones, aconsejamos adjuntar al aparato una nota con una breve descripción de la anomalía. Además puede acelerar nuestro servicio si en la misma nota indica su nombre y número de teléfono (prefijo, número de teléfono y nombre del departamento) para que podamos solicitarle más información respecto a la avería.

## Mantenimiento

Es aconsejable controlar periódicamente algunas de las características más importantes del analizador. Sólo así se puede garantizar que la presentación de todas las señales sea tan exacta como lo indican los datos técnicos. Los métodos de control descritos en el plan de chequeo del presente manual se pueden aplicar sin necesidad de comprar costosos aparatos de medida.

Se recomienda limpiar de vez en cuando la parte exterior del instrumento con un pincel. La suciedad incrustada en la caja, el asa y las piezas de plástico y aluminio se puede limpiar con un paño húmedo (agua con 1% de detergente suave). Para limpiar la suciedad grasienta se puede emplear alcohol de quemar o bencina para limpieza (éter de petróleo). La pantalla se pueda limpiar con agua o bencina para limpieza (pero no con alcohol ni disolventes), secándola después con un paño limpio y seco sin pelusa. Después de la limpieza, es aconsejable tratarla con un spray antiestático convencional, idóneo para plásticos. En ningún caso el líquido empleado para efectuar la limpieza debe penetrar en el aparato. La utilización de otros productos puede dañar las superficies plásticas y barnizadas.

## Cambio de tensión de red

El aparato trabaja con tensiones de red alternas de 115V ó 230V  $\pm 10\%$ . El cambio se efectúa por medio de un conmutador situado en la parte trasera del aparato. Los fusibles de entrada de red son accesibles desde el exterior. El borne de red y el portafusibles crean una unidad. El portafusibles se encuentra por encima del borne de red de 3 polos.

El cambio de un fusible o el cambio de tensión de red sólo debe efectuarse, habiendo desconectado el cable de red del borne.

Con la ayuda de un pequeño destornillador se apretan hacia adentro las muescas que se encuentran a ambos lados del portafusibles. Véanse también las marcas en la caja. El portafusibles se desplaza gracias a unos muelles y puede ser extraído para cambiar el fusible. Hay que tener precaución que los muelles de contacto que sobresalen en los lados, no sean dañados. La introducción del portafusibles sólo es posible si la muesca inferior está en su posición correcta. El portafusibles se introduce, salvando la presión de los muelles, hasta que las muescas laterales encajan en su posición original. La utilización de fusibles «reparados» o el cortocircuito del portafusibles es ilícito. Cualquier defecto que tuviera el aparato por esta causa, elimina el derecho de garantía.

Tipo de fusible:

Tamaño: 5x20mm; 250V~, C;

IEC 127, h.III; DIN 41662

(ó DIN 41571, h.3).

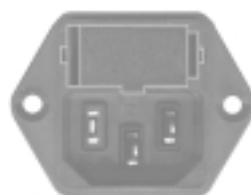
Fusión: lenta (T)

Tensión de red 115V~  $\pm 10\%$ :

Fusible intensidad T315mA

Tensión de red 230V~  $\pm 10\%$ :

Fusible intensidad T160mA



Los valores acompañados por tolerancias son aplicables después de un calentamiento de 60 minutos con una temperatura ambiental de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ . Los valores sin tolerancias son valores que provienen de valores medios de producción.

## Principio de funcionamiento

El analizador de espectros permite la detección de componentes espectrales de señales eléctricas. En el margen de frecuencias de 0,15MHz hasta 1 GHz. La señal detectada y su contenido debe ser repetitivo. Al contrario que un osciloscopio que opera en modo Yt, en el que se presenta la amplitud sobre un eje de tiempo, el analizador de espectros presenta las amplitudes sobre el eje en frecuencia (Yf). Los componentes individuales de espectro de una señal se hacen visibles sobre el analizador de espectros. El osciloscopio presentaría la señal como una forma de onda resultante.

El analizador de espectros trabaja de acuerdo al receptor triple superhet. La señal que se debe medir ( $F_{In}=0,15\text{Mhz}$  hasta 1050 MHz) se aplica al primer mezclador en donde se mezcla con la señal de un oscilador controlado de tensión variable ( $F_{LO}=1350\text{MHz}-2350\text{MHz}$ ). Este oscilador se denomina el primer OL (oscilador local). La diferencia entre el oscilador y la frecuencia de entrada ( $F_{LO} - F_{In} = \text{primera FI}$ ) es la primera frecuencia intermedia, que pasa a través de un filtro ajustado a la frecuencia central de 1350MHz. Después entra en un amplificador el cual es seguido por dos etapas adicionales de mezcla, osciladores y amplificadores. La segunda FI es de 29,875MHz y la tercera de 2,75MHz. En la tercera etapa de FI, la señal se puede transferir selectivamente a través de un filtro de 400kHz o de 20kHz de ancho de banda antes de llegar a un demodulador de AM. La salida logarítmica (señal de vídeo) se transfiere directamente o, a través de un filtro de paso bajo a otro amplificador. La salida de este amplificador se conecta a las placas de deflexión Y del TRC. Una amplitud de señal que aumenta desvía el haz electrónico en dirección de la parte superior de la platina. El margen de indicación de la pantalla abarca 80dB correspondiendo 10dB/div. (cm).

La deflexión X se genera mediante una tensión de un generador de diente de sierra. Esta tensión se sobrepone también a una tensión continua que permite el control del primer OL. El analizador de espectros barre un margen de frecuencias dependiendo de la altura del diente de sierra. Este margen se determina con la selección del margen de scanwidth (margen de barrido). En el modo de ZERO SCAN controla sólo la tensión continua el primer OL.

## Modo de empleo

Es muy importante leerse el párrafo de **seguridad** que está incluido al comienzo de las presentes instrucciones, antes de utilizar el HM5010.

No se precisa un conocimiento especial para operar el instrumento. Su panel frontal claro y despejado así como la limitación de su uso a funciones básicas garantiza un manejo eficiente desde el comienzo. No obstante, hay que seguir unas instrucciones básicas, para asegurar el funcionamiento óptimo del instrumento.



**El componente más sensible del HM5010 es la sección de entrada del analizador de espectros. Éste se compone del atenuador de señal y el mezclador primario. Sin atenuación de entrada no debe sobrepasar la tensión acoplada a la entrada +10dBm (0,7V<sub>ef</sub>) CA ó ±25VCC. Con una atenuación de entrada máxima de 40dB la tensión alterna no debe exceder +20dBm.**

**Éstos valores máximos no deben ser sobrepasados o el atenuador de entrada y/o, el mezclador previo pueden deteriorarse.**

Antes de examinar señales sin identificar, tiene que verificarse la presencia de tensiones altas inaceptables. También se recomienda empezar la medición con la atenuación más alta posible y a un margen de frecuencia máximo (0,15MHz - 1050MHz). El usuario debería considerar también la posibilidad de amplitudes de señal excesivamente altas fuera del margen de frecuencias cubierto, aunque no sean presentadas en pantalla (p.ej. 1200MHz).

El margen de frecuencia de 0Hz a 150kHz no queda cubierto por el HM5010. Líneas espectrales dentro de este margen se presentarían con amplitud incorrecta.

Un ajuste especialmente de alta intensidad de la pantalla no es necesario ya que señales "escondidas" pueden estar enmascaradas, ya que el fósforo del TRC se excita más en los puntos en dónde se presenta el ruido continuamente. Estas señales se detectan más difícilmente conforme se ensancha el trazo incluso con un ajuste de foco optimizado. La manera en la que las señales se presentan sobre el analizador de espectros normalmente, permite reconocer cualquier señal fácilmente, incluso con una intensidad baja.

En base al principio de conversión de frecuencia se visualiza una línea espectral a 0Hz. Esta línea aparece cuando la primera frecuencia OL pasa los amplificadores y filtros de FI. El nivel de esta línea espectral es diferente en cada instrumento. Una desviación de la pantalla completa no indica un funcionamiento incorrecto.

## Mandos de control

### (1) Intens:

Este botón se utiliza para ajustar el brillo de la señal. No debe intensificarse el trazo más de lo necesario.

### (2) Focus:

Este control ajusta la nitidez de la traza. (enfoque).

### (3) Power:

El pulsador de power con símbolos on/off. Si se conmuta este pulsador en su posición de encendido, se visualizará en la pantalla una traza de ruido después de aproximadamente 10s.

### (4) TR (trace rotation):

A pesar del blindaje de mumetal del TRC, no se pueden evitar totalmente los efectos del campo magnético terrestre sobre la posición horizontal de la traza. Un potenciómetro accesible a través de un orificio sirve para la corrección.

### (5) MARKER-ON/OFF:

Si el botón del marcador está en la posición **OFF**, se ilumina el marcador **CF** y el display indica entonces la frecuencia central. Si, en cambio, el conmutador está en su posición de **ON**, se ilumina **MK** y el display presenta la frecuencia del marcador. El marcador se visualiza en la pantalla como una aguja vertical. La frecuencia del marcador es ajustable mediante el botón de **MARKER** y se puede alinear con una línea espectral. Antes de poder obtener una lectura de nivel, se debe haber apagado el marker.

### (6) CF/MK (Center Frequency/Marker):

El LED CF se ilumina cuando el display digital presenta la frecuencia central. La frecuencia central es la frecuencia que se presenta en el centro del TRC eje X. El LED MK se ilumina cuando se activa el botón del marcador en su posición On. El display digital indica entonces la frecuencia del marcador. Las frecuencias de líneas espectrales no presentadas encima de la línea vertical de la retícula pueden ser determinadas de esta manera.

**(7) Indicación digital** de 5 dígitos con resolución de 100kHz.

**(8) UNCAL.:**

La intermitencia de este LED significa la presentación de valores en amplitud incorrectos. Esto puede ocurrir cuando el margen de frecuencias barrido (**SCANWIDTH**) es demasiado amplio en comparación al ancho de banda de la frecuencia intermedia (20kHz) y/o al ancho de banda del filtro de vídeo (4kHz). Las medidas se deben tomar entonces sin filtro (ancho de banda, vídeo), o se debe reducir el ancho del scan (scanwidth).

**(9) CENTER FREQ. -FINE:**

Estos dos botones rotatorios se utilizan para determinar la frecuencia central. La función de ajuste fino **FINE** se entiende por sí sola. La frecuencia central se presenta sobre el centro horizontal de la pantalla.

**(10) BANDWIDTH (ancho de banda):**

Selecciona el ancho de banda de la FI entre 400kHz y 20kHz. Si se ha seleccionado un ancho de banda de 20kHz, se reduce el nivel de ruido y se aumenta la selectividad. Las líneas espectrales que están relativamente cercanas se pueden distinguir. Como la respuesta de los transitorios de señales pequeñas requieren un tiempo superior, causan valores de amplitud incorrectos si el scanwidth se ha elegido con un frequency span demasiado amplio. El indicador de **UNCAL.** indicará esta situación.

**(11) VÍDEO FILTER:**

El filtro de vídeo se puede utilizar para la reducción de ruido. Posibilita visualizar líneas espectrales de bajo nivel que normalmente estarían dentro o justo encima del nivel de ruido medio. El ancho de banda del filtro es de 4kHz. Se indica nuevamente que un valor de amplitud incorrecto se presentará sobre pantalla si se ha elegido el scanwidth demasiado alto y se tiene el filtro de vídeo en activo (On). Estas condiciones se indican mediante el LED **UNCAL.**

**(12) Y.POS.:**

Ajuste de la posición vertical del trazo

**(13) INPUT:**

Entrada BNC de 50 $\Omega$  del analizador de espectros. Sin atenuación de entrada no se debe sobrepasar las tensiones de entrada máximas permitidas de  $\pm 25V_{CC}$  y +10dBm CA. La tensión de entrada máxima es de +20dBm con una atenuación de entrada máxima de 40dB.

El margen máximo de dinámica del instrumento es de 70dB. Valores superiores de entrada que sobrepasan el nivel de referencia causan una compresión de la señal y una intermodulación. Estos casos llevan a presentaciones erróneas. Si el nivel de entrada supera el nivel de referencia, se debe incrementar la atenuación del nivel de entrada.

**(14) ATTN.:**

El atenuador de entrada se compone de cuatro atenuadores de 10dB, que reducen el nivel de señal antes de entrar al 1er mezclador. Los atenuadores quedan activados cuando las teclas están pulsadas. La relación entre la atenuación seleccionada, el nivel de referencia y el nivel de la línea base (nivel de ruido) se refleja en el cuadro siguiente:

Aten.	nivel de referencia		en la línea base
0dB	-27dBm	10mV	-107dBm
10dB	-17dBm	31,6mV	-97dBm
0dB	-7dBm	0,1mV	-87dBm
0dB	+3dBm	31,6mV	-77dBm
0dB	+13dBm	1mV	-67dBm

El nivel de referencia se representa mediante la línea de retícula horizontal más alta. La línea de retícula horizontal más baja muestra la línea de base. La retícula se divide en dirección vertical en pasos de 10dB.

Como se había indicado anteriormente, no se debe sobrepasar la tensión máxima de entrada. Esto es especialmente importante, ya que podría ser que el analizador de espectros sólo muestre una parte del espectro de la señal aplicada. Por esta razón, podría ser que se hubieran aplicado niveles demasiado elevados que no son presentados en pantalla por estar fuera de la frecuencia presentada y podrían deteriorar el atenuador de entrada así como también el mezclador de la primera etapa de mezcla. Véase también el capítulo **INPUT**. La atenuación más alta (4 x 10dB) y la frecuencia más alta utilizable (scanwidth en 50MHz/Div.) debe ser elegida antes de conectar una señal a la entrada del HM5010/HM5011. Esto permite la detección de cualquier línea de espectro que esté dentro del rango de frecuencia medible y representable, si la frecuencia central se ha situado en 500MHz. Si la línea base tiende a ascender en el momento en que se reduce la atenuación, es un signo que indica que hay líneas espectrales fuera del máximo del margen de frecuencia representable con excesiva amplitud.

### (15) SCANWIDTH:

El campo de SCANWIDTH contiene indicadores luminosos que indican el margen de la frecuencia elegida por división de retícula. El margen se puede ir incrementando con el botón de la derecha y se puede disminuir con el de la izquierda. La conmutación se efectúa en pasos de 1-2-5 desde 100kHz/div. hasta 100MHz/div.

El ancho del margen de scan se presenta en MHz/div. y se refiere a cada división horizontal de la retícula. La frecuencia central se muestra mediante la línea vertical de la retícula sobre la horizontal. Si la frecuencia central y el ajuste del scanwidth son correctos, la longitud del eje X es de 10 divisiones. Si se trabaja con ajustes de scanwidth por debajo de los 100MHz, solo se representa una parte del margen total de frecuencia en el modo de expansión.

Si se ajusta el scanwidth en 100MHz/div., estando la frecuencia central en 500MHz, se extiende la frecuencia hacia la parte derecha con 100MHz por división, finalizando en 1 GHz (= 500MHz + (5x100MHz)). La frecuencia va disminuyendo hacia la izquierda en la misma relación. En este caso el extremo izquierdo de la carátula corresponde a 0Hz.

Mediante estos ajustes se visualiza una línea espectral denominada "**ZERO FREQUENCY POINT**". Es el primer OL (oscilador) que se visualiza cuando su frecuencia pasa el primer filtro de FI. Esto sucede cuando la frecuencia central es baja en relación al margen de scanwidth seleccionado. La amplitud del "Zero Frequency Point" es diferente en cada instrumento y no puede ser utilizado como un nivel de referencia. Las líneas espectrales presentadas a la izquierda del "Zero Frequency Point" se denominan frecuencia imagen.

En funcionamiento de modo **ZERO SCAN** el analizador de espectros funciona como un receptor con ancho de banda seleccionable. La frecuencia se selecciona a través del botón **CENTER FREQ.** Las líneas espectrales provocan a su paso por el filtro de FI una presentación de nivel (función selectiva de voltímetro).

Los siguientes controles se encuentran emplazados debajo de la pantalla:

(16) **X-POS.** (posición X)

(17) **X-AMPL.** (amplitud X)

**IMPORTANTE: Estos controles están concebidos para la exactitud de la amplitud y de la frecuencia y no necesitan bajo circunstancias habituales ningún ajuste. Para un ajuste de estos controles se necesitaría un generador de RF (p.ej. HAMEG HM8133).**

### **(18) PHONE**

Borne para auricular

### **(19) VOL**

Regulador de volumen para (18)

### **(20) PROBE POWER**

Salida de tensión de 6V para las sondas HZ530.

¡Atención! El auricular debe estar previsto de un conector de 3,5mm con una impedancia  $>8W$ .

La salida de tensión está concebido sólo para la alimentación de las sondas HZ530. El cable especial necesario para la alimentación viene adjunto en el maletín de las sondas.

### **(21) LEVEL:** (no incluido en el HM5010)

Mediante este ajuste fino de nivel **LEVEL** se puede ajustar el nivel de salida del generador de tracking en unos 11dBm (-10dBm hasta +1dBm).

### **(22) TRACK. GEN.:** (No incluido en el HM5010)

El generador de seguimiento (tracking) es activado mediante la pulsación de la tecla ON. Entonces se obtiene una onda senoidal en la salida BNC **OUTPUT** con una frecuencia que queda determinada por la frecuencia central y el scanwidth del analizador de espectros. En el modo de funcionamiento de ZERO SCAN (LED iluminado) se obtiene sólo la frecuencia central.

### **(23) OUTPUT:** (no incluido en el HM5010)

Salida de  $50\Omega$  del generador de tracking. El nivel de salida se ajusta mediante **LEVEL** y las teclas **ATTN**. Puede tener un valor entre +1dBm y -50dBm.

### **(24) ATTN.** (no incluido en el HM5010)

La atenuación total de salida se compone de cuatro atenuadores individuales de 10dB cada uno, con los cuales se pueden atenuar la señal de salida del generador de tracking antes de llegar al borne de salida **OUTPUT**. Todos los atenuadores son idénticos y son eficaces en el momento de pulsar la tecla correspondiente. Es por lo tanto irrelevante cual de los atenuadores se pulsa para obtener una atenuación de p. ej. 20dB.

## Calibración Vertical

Antes de proceder a una calibración, cerciórese que todos los atenuadores de entrada **(14)** estén desactivados. El HM5010/ HM5011 debe haber estado funcionando por lo menos durante 1 hora, antes de proceder a la calibración. Conmute el **VÍDEO FILTER (11)** en posición **OFF**, elija el ancho de banda con **BANDWIDTH (10)** en 400kHz y **SCANWIDTH (15)** con 2MHz/div.

Conecte la señal de RF de -27dBm (10mV) a la entrada **(13)** del analizador de espectros. La frecuencia de esta señal debe estar entre 2MHz y 250MHz. Posicione la frecuencia central sobre la frecuencia de la señal.

**A:** Aparece una línea espectral única en pantalla (-27dBm) si se tiene una fuente de señal con suficiente baja distorsión. El máximo de la línea espectral se ajusta ahora mediante el control de **Y-POS. (12)** y se posiciona en la línea superior de la retícula de la pantalla. Todos los atenuadores **(14)** de entrada deben estar desactivados.

**B:** Como paso siguiente, se debe de conmutar el generador de señales varias veces entre -27dBm y -77dBm, ajustando el control **(21) Y-AMPL.** de tal forma que el pico de la línea espectral cambie en 5 divisiones en dirección vertical. Si esto llega a variar la posición de Y, se debe repetir la calibración efectuada bajo el punto **A**.

La calibración descrita en punto **A** y **B** deben repetirse hasta obtener un ajuste ideal.

Como último, se debe verificar el funcionamiento de la entrada de los atenuadores con un nivel de -27dBm. La línea espectral visible en pantalla se puede ir atenuando en cuatro pasos de 10dB cada uno, si se activan los atenuadores incorporados en el analizador de espectros. Cada paso de 10 dB corresponde a una división de retícula en pantalla. La tolerancia no debe exceder  $\pm 1$ dB en todas las posiciones de atenuación.

## Calibración Horizontal

El **SCANWIDTH (15)** se debe ajustar en **100MHz/div**. Después de haber seleccionado la frecuencia central en **500MHz**, se debe aplicar una señal de generador a la entrada. El nivel de salida debe estar entre 40 a 50 dB por encima del ruido.

**C:** Elija la frecuencia del generador a **500MHz**. Ajuste el pico de la línea espectral de 500MHz al centro horizontal de la pantalla utilizando el control **(16) X-POS**.

**D:** Ponga la frecuencia del generador en **100MHz**. Si la línea espectral de 100MHz no está sobre la línea de retícula debería ser alineada a esta mediante el mando de control **(17) X-AMPL**. Entonces se debe verificar la calibración descrita bajo el punto C y si fuera necesario corregirla. Las calibraciones descritas bajo los puntos **C** y **D** deben ser repetidas hasta obtener un ajuste óptimo.

## Introducción al análisis espectral

El análisis de señales eléctricas es una de las tareas fundamentales de muchos ingenieros y científicos. Aún cuando el problema inmediato no es eléctrico, se cambian los parámetros fundamentales de interés en muchas ocasiones, en señales eléctricas con ayuda de transductores. Los transductores usuales incluyen acelerómetros y células de carga en el campo mecánico, electrodos de EEG y sondas de presión sanguínea en el campo de la medicina y biología y sondas de valores pH y de conductividad en la química. El precio solicitado por la transformación de parámetros físicos a señales eléctricas es elevado, ya que muchos instrumentos se suministran para el análisis de señales eléctricas en dominio del tiempo y de la frecuencia.

El sistema tradicional de observar señales eléctricas es el de observarlos en dominio de tiempo mediante un osciloscopio. El dominio en el tiempo se utiliza para recoger información relativa en tiempo y en fase para caracterizar el comportamiento de la circuitería eléctrica. Sin embargo, no se puede caracterizar todos los circuitos únicamente por su comportamiento en el dominio del tiempo. Elementos de la circuitería como los amplificadores, osciladores, mezcladores moduladores, detectores y filtros se pueden caracterizar mucho mejor por su respuesta en frecuencia. Esta información de la frecuencia se consigue de forma óptima observando señales eléctricas en el dominio de la frecuencia. Para presentar el dominio en frecuencia se precisa de un instrumento que pueda discriminar entre frecuencias mientras está midiendo el nivel de potencia de cada una de ellas. Uno de los instrumentos que presenta el dominio de la frecuencia es el analizador de espectros. Gráficamente se presenta en pantalla TRC una tensión o potencia como función de la frecuencia. En el dominio del tiempo se visualizan todos los componentes de frecuencia de una señal conjuntamente. En dominio de frecuencia, se separan las señales

complejas (p.ej. señales compuestas por más de una frecuencia) en sus componentes de frecuencia y se presenta en pantalla el nivel de potencia de cada una de las frecuencias. El dominio en frecuencia es una presentación gráfica de la amplitud de la señal en función de la frecuencia.

El dominio en frecuencia contiene información que no se encuentra en el dominio del tiempo y por esto tiene el analizador de espectros ciertas ventajas sobre un osciloscopio.

El analizador es más sensible a distorsiones de nivel bajo que un osciloscopio. Formas de onda senoidales pueden tener una apariencia buena en el dominio del tiempo, pero en el dominio de la frecuencia se pueden visualizar las distorsiones armónicas.

La sensibilidad y el margen amplio de dinámica del analizador de espectros es útil para la medición de modulaciones de bajo nivel. Se puede utilizar para medir AM, FM y RF pulsante. El analizador se puede utilizar para medir la frecuencia de la portadora, la frecuencia de la modulación, el nivel de modulación y la distorsión de la modulación.

Se puede caracterizar con facilidad dispositivos de conversión de frecuencia. Parámetros como pérdida de conversión, aislamiento y distorsión se determinan en la pantalla.

El analizador de espectros se puede utilizar para medir estabilidad de cortos y largos periodos. Se pueden medir parámetros como ruidos en bandas laterales de un oscilador, FM residual de una fuente y variación en frecuencia durante el periodo de calentamiento, utilizando los scans calibrados del analizador de espectros.

La respuesta de un filtro y de un amplificador son ejemplos de mediciones en el dominio de la frecuencia con analizadores de espectro. Estas mediciones se simplifican, si se toma como ayuda un generador de tracking.

## **Tipos de analizadores de espectros**

Existen fundamentalmente dos tipos de analizadores de espectros. Los sintonizados por barrido y los de tiempo real. Los analizadores sintonizados por barrido se sintonizan barriendo electrónicamente su margen de frecuencias. Por esto, se muestrean secuencialmente en tiempo los componentes de frecuencia de un espectro. Esto permite presentar las señales periódicas y eventuales, pero hace

imposible visualizar respuestas transitorias. Por el otro lado, los analizadores de tiempo real presentan la amplitud de todas las señales en el margen de frecuencias del analizador; de allí el nombre tiempo real. Esto preserva de la dependencia del tiempo entre las señales, lo cual permite obtener una información de fase. Los analizadores en tiempo real pueden presentar respuestas de transitorios así como también señales periódicas y eventuales.

Los analizadores sintonizados por barrido son usualmente del tipo trf (tuned radio frequency) o del tipo superheterodino. Un analizador trf se compone de un filtro de paso de banda cuya frecuencia central es sintonizable a lo largo de un rango de frecuencias elegido, un detector para crear la deflexión vertical en el TRC, y un generador de barrido horizontal utilizado para sincronizar la frecuencia sintonizada con la deflexión horizontal del TRC. Este es entonces un analizador simple y económico con una cobertura amplia, pero con resolución y sensibilidad pobre. Como los analizadores de trf tienen un filtro sintonizable, quedan limitados en su anchura dependiendo del margen de frecuencia (normalmente una década o menos). La resolución queda determinada por el ancho de banda del filtro y la frecuencia.

El analizador de espectros más usual se diferencia de los analizadores de trf en que el espectro se barre a través de un filtro fijo de paso de banda a frecuencia fija.

El analizador es básicamente un receptor de banda reducida sintonizado electrónicamente en frecuencia, aplicándole una tensión de diente de sierra al elemento de control de la frecuencia de un oscilador local sintonizado por tensión. Esta misma tensión de diente de sierra se aplica simultáneamente a las placas de deflexión horizontal del TRC. La salida del receptor se aplica sincronizadamente a las placas de deflexión vertical del TRC y se presenta en pantalla la amplitud en relación a la frecuencia.

El analizador de espectros se sintoniza a través de su margen de frecuencia variando la tensión del OL (oscilador local). La frecuencia del OL se mezcla con la señal de entrada para crear una FI (frecuencia intermedia) que puede ser detectada y presentada en pantalla. Cuando la diferencia en frecuencia entre la señal de entrada y la frecuencia del OL son iguales a la frecuencia de FI, hay una respuesta en el analizador. Los avances en la técnica superheterodina son considerables. Ahora se obtiene una gran sensibilidad mediante la utilización de amplificadores de FI, y se

pueden sintonizar muchas décadas de frecuencia. Además se puede variar la resolución cambiando el ancho de banda de los filtros FI. Pero el analizador superheterodino no es de tiempo real y la frecuencia del barrido debe estar en consonancia con la constante de tiempo fijo del filtro de FI.

Una respuesta (peak) en la parte izquierda del TRC se denomina en algunas ocasiones "batido cero". Esto ocurre cuando el analizador se sintoniza hacia frecuencia cero, y el oscilador local pasa directamente por la FI creando una respuesta en la pantalla del TRC aunque no se esté introduciendo ninguna señal. (Para sintonizar con frecuencia cero, FLO = FIF). Esto limita realmente el margen inferior de la sintonía.

## **Requisitos de un analizador de espectros**

Para presentar con exactitud la frecuencia y la amplitud de una señal en un analizador de espectros, tiene que estar el instrumento bien calibrado. Un analizador de espectros que se ha diseñado para determinar frecuencias y amplitudes con exactitud, debe satisfacer muchos requisitos:

1. Amplio margen de sintonización
2. Amplio margen de visualización de frecuencias en pantalla
3. Estabilidad
4. Resolución
5. Respuesta plana en frecuencia
6. Alta sensibilidad
7. Distorsión interna baja
8. Modos de presentación lineal y logarítmica (tensión y dB)

## **Medición de frecuencias**

La escala de frecuencias puede ser barrida en tres diferentes modos; total, por división y en zero scan. El modo total (full scan) se utiliza para localizar las señales ya que están presentes el margen más amplio de frecuencias. (No todos los analizadores de espectro incorporan este modo).

El modo de -por división- se utiliza para aumentar la visualización de una señal en particular. En este modo se elige la frecuencia central de la pantalla mediante el control de sintonización y el factor de escala se fija con el control de Frequency Span o el control de Width. En el modo de zero scan se utiliza el analizador como un receptor con sintonía fija y anchos de banda seleccionables.

Las medidas de frecuencia absoluta se realizan normalmente con el conmutador rotativo del analizador de espectros. Las medidas de frecuencias relativas requieren un barrido lineal en frecuencia. Si se mide la separación relativa de dos señales en pantalla, se puede determinar la diferencia en frecuencia.

Es importante que el analizador de espectros sea más estable que las señales que se desean medir. La estabilidad del analizador depende de la estabilidad de frecuencia de sus osciladores locales. La estabilidad normalmente se caracteriza por su duración corta o larga. La FM residual es una medida de la estabilidad a corto plazo que se especifica normalmente en Hz pico a pico. La estabilidad a corto plazo también se caracteriza por las bandas laterales de ruido, que es una medida de la pureza espectral del analizador. Los ruidos de las bandas laterales se especifican con los términos de dB, respecto de una portadora de un ancho de banda específico y en Hz si fuera de la portadora. La estabilidad a largo plazo se caracteriza por la variación de frecuencia de los OL del analizador. La variación en frecuencia es una medida para saber cuánto cambia la frecuencia durante un tiempo específico (p.ej. Hz/min. o Hz/h).

## Resolución

Antes de poder medir la frecuencia de una señal con un analizador de espectros se tiene que haber hecho la resolución de esta con anterioridad. Hacer la resolución de una señal quiere decir tanto como distinguirla de las señales adyacentes. La resolución de un analizador de espectros se determina por su ancho de banda de FI. La relación del ancho de banda de los 60dB (en Hz) con el ancho de banda de los 3dB (en Hz) se conoce como el factor de respuesta de un filtro. Cómo más pequeño sea el factor de respuesta de un filtro, mayor será la capacidad del analizador de espectros para tener una resolución con señales con espacios estrechos de amplitud variada. Si el factor de respuesta de un filtro es 15:1, entonces deberán diferir dos señales cuyas amplitudes se difieran en 60dB en 7,5 veces del ancho de banda de la FI, antes de que se puedan distinguir separadamente. Si no aparecerían como una señal sobre la pantalla del analizador de espectros.

La habilidad de un analizador de espectros de obtener la resolución de señales adyacentes con amplitudes diferentes no sólo es una característica del factor de respuesta del filtro de FI. Bandas laterales de ruido pueden reducir también la resolución. Aparecen por debajo del borde del filtro de FI y reducen el rechazo del filtro. Esto limita la resolución cuando se miden señales con amplitud diferente.

La resolución del analizador de espectros queda limitada por su ancho de banda inferior. Por ejemplo, si la banda inferior está a 10kHz entonces sólo se podrán resolver señales con 10kHz de separación. Esto ocurre, porque el analizador de espectros traza su propia curva de filtro FI al detectar una señal en el espectro. Como la resolución del analizador de espectros se determina por su ancho de banda de los filtros de FI, se podría deducir que se podría obtener una resolución infinitamente alta con una anchura de banda de filtro infinitamente estrecha, pero ello no es así, porque el ancho de banda IF utilizable está limitado por la estabilidad del oscilador local (FM-residual). Esto quiere decir, que con una FM residual del oscilador local de p.ej. 10kHz, la anchura de banda utilizable para ver una señal única de 10 kHz es también de 10 kHz. Un filtro de IF de menos ancho de banda presentaría en la pantalla en este caso más de una línea espectral o una señal oscilante(jitter) (según la velocidad de barrido), o una señal presentada solo en parte. Además existe otro impedimento práctico para la anchura de filtro más pequeña: la velocidad de muestreo o de scan en relación a la anchura del filtro elegido. Así resulta, que cuanto más estrecho sea el ancho de banda del filtro más lenta deberá ser la velocidad de barrido, para permitirle al filtro alcanzar su máximo. Si se elige una velocidad de barrido demasiado grande, los filtros no han podido alcanzar su máximo, entonces resulta una presentación errónea de la amplitud del espectro. Se presentan entonces cada una de las líneas espectrales con una amplitud más pequeña de la debida. De esta manera se fijan límites prácticos para la anchura de banda mínima permitida de los filtros.

## Ruidos - Sensibilidad

La sensibilidad es un factor para la aptitud del analizador de espectros para medir señales pequeñas. La sensibilidad máxima se determina mediante los ruidos propios. Se diferencian en esencial dos tipos de ruidos: ruido térmico y no térmico.

El ruido térmico se describe mediante la ecuación

$$P_n = k * T * B$$

con

$P_n$  = Potencia de ruido en vatios

$k$  = Constante de Boltzmann

( $1,38 \times 10^{-23}$  Joule/K)

$T$  = Temperatura absoluta (K)

$B$  = Ancho de banda del sistema en Hz

Esta ecuación demuestra, que la magnitud del ruido es proporcional al ancho de banda. Así resulta, que una reducción del ancho de banda de los filtros por una década reduce el ruido generalmente por 10dB, que genera una subida de sensibilidad del sistema en 10dB. Todas las demás fuentes de ruido del analizador se suponen no ser de origen térmico. Radiaciones no deseadas, distorsiones en base a líneas características no lineales y adaptaciones erróneas son fuentes de ruidos no térmicos. Bajo la calidad de transmisión o la cifra de ruido se entiende normalmente las fuentes de ruido no térmicas, a la cual se suma el ruido térmico, para obtener la cifra de ruido total del sistema. Este ruido que es visible también sobre la pantalla, determina la sensibilidad de un analizador de espectros. Ya que el nivel de ruido varía con el ancho de banda, es necesario referirse al mismo ancho de banda de filtro cuando se desea efectuar una comparación de sensibilidad de dos analizadores.

Los analizadores de espectros barren en un amplio margen de frecuencias, pero son en si instrumentos de medida de banda estrecha. Todas las señales que están en el margen de frecuencias del analizador de espectros son convertidos a una frecuencia intermedia y pasan a través de los filtros de la FI. El detector detrás del filtro de FI sólo ve la porción de ruido, que está dentro del ancho de banda estrecho del filtro. Por esta razón sólo se representa sobre la pantalla el ruido, el cual está dentro del margen de paso del filtro FI. En mediciones de señales discretas se consigue la sensibilidad máxima con el filtro más estrecho de FI.

## **Filtros de Vídeo**

La medición de señales pequeñas puede ser difícil, cuando la amplitud de señal está al mismo nivel como el ruido medio del analizador de espectros. Para poder visualizar en este caso mejor la señal, se puede conectar un filtro de vídeo en el trayecto de la señal del analizador de espectros detrás del filtro de FI. Mediante este filtro, con un ancho de banda de pocos kHz, se promedia el ruido interno del analizador de espectros. Así se puede visualizar en ciertas circunstancias, una señal que desaparece entre el ruido. Cuando el ancho de banda de FI es muy estrecho en relación al Scanwidth/Div. elegido, no se debe tener conectado el filtro de vídeo, ya que puede ocasionar una representación demasiado baja de la amplitud, a causa de la limitación del ancho de banda. (Una combinación no permitida de los parámetros ajustados se indica en el HM5010 a través del LED UNCAL.)

## Sensibilidad - Nivel de entrada máx.

La especificación de la sensibilidad de entrada de un analizador de espectros es arbitraria. Una posibilidad de especificarla es, la de definir la sensibilidad de entrada como el nivel, que corresponde a la potencia de señal de la potencia media de ruido del analizador. Ya que los analizadores de espectros miden siempre la señal más el ruido, aparece la señal a medir 3dB por encima del nivel de ruido, cumpliendo esta definición.

La tensión de entrada máxima permitida es, para un analizador de espectros el nivel, que lleva al deterioro (burn out) de la etapa de entrada. Este nivel se establece en +10dBm para el mezclador de entrada y +20dBm para el atenuador de entrada. Antes de llegar al nivel de «burn out» se activa una compresión de amplificación en el analizador de espectros. Esta no es dañina mientras no se sobrepase una compresión de 1 dB. Además, se puede partir de la base que el analizador distorsiona a causa del sobre-direccionamiento. Además aumenta el peligro de una sobrecarga de la etapa de entrada, por la variación inapreciable de líneas espectrales presentadas individualmente sobre la pantalla cuando se activa la compresión de amplificación. En cualquier caso, ya no corresponde a la realidad la representación de las amplitudes.

En cada análisis de señal se generan en el analizador de espectros distorsiones que en su mayoría provienen de la característica de ilinealidad de la etapa de entrada. Se mueven en su magnitud alrededor de 70dB por debajo del nivel de entrada, mientras que este no sea mayor que -27dBm a la entrada del 1er mezclador. Para que se puedan procesar señales mayores, se ha antepuesto al mezclador un atenuador de entrada. La señal de entrada mayor, que un analizador de espectros puede procesar en cualquier posición del atenuador de entrada, sin sobrepasar un límite de distorsiones, se denomina «nivel de entrada óptimo». La señal es atenuada hasta que el mezclador recibe un nivel máximo de -27dBm. Sino, no se obtendrían los 70dB especificados de distancia de armónicos. Este margen libre de distorsión de 70dB se denomina también margen dinámico utilizable del analizador de espectros. Para diferenciar se define el margen representable como la relación del nivel menor y mayor indicado simultáneamente, sin que se visualicen intermodulaciones del analizador de espectros sobre la pantalla.

El margen máximo de dinámica de un analizador de espectros se puede obtener de las especificaciones. La primera referencia nos la da la especificación sobre las distorsiones. En el HM5010 el valor

es de -70dB hasta un nivel de entrada de -27dBm a la entrada con una atenuación de entrada de 0dB. Para poder utilizar estos valores, el analizador de espectros debe dejar reconocer valores de nivel de -97dBm.

El margen de FI necesario no debe de ser demasiado estrecho sino, aparecen problemas a causa de ruidos de banda lateral y restos de FM. Los dos analizadores tienen suficiente con un ancho de banda de FI de 12,5kHz, para representar líneas espectrales con este nivel. El margen de medida libre de distorsiones se puede aumentar si se reduce más el nivel de entrada. El único límite lo crea entonces la sensibilidad del analizador de espectros.

La dinámica máxima posible se alcanza, cuando la línea espectral con el nivel más elevado justo no supera el nivel de referencia.

## **Respuesta en frecuencia**

La respuesta en frecuencia de un analizador se determina por la linealidad del analizador a través de su margen de frecuencias. Para obtener una buena respuesta en frecuencia, las pérdidas en el mezclador deben de ser independientes de la frecuencia. Para presentaciones de amplitud de precisión, debe tener la respuesta en frecuencia una variación mínima, a lo largo de todo el margen. Pero justamente esta característica sólo se consigue con una circuitería mucho más sofisticada. El complejo ya debe ser mucho más lineal en frecuencia desde un comienzo, ya que las variaciones que pudieran aparecer no se pueden calibrar con facilidad. Para la solución de trabajo de un analizador de espectros, la medición de varios niveles de señal con frecuencias diferenciadas, se precisa una respuesta en frecuencia estrecha; Si no quedaría su utilidad muy reducida.

## **Generadores de seguimiento**

Generadores de seguimiento (tracking generator)(sólo en el HM5011 y HM5006) son generadores especiales, en donde la frecuencia de la señal de salida se direcciona a través de una fuente de señal externa. En combinación con un analizador de espectros se genera así una señal de salida, que sigue exactamente la sintonización del analizador de espectros. Por esta causa el generador de seguimiento amplía las posibilidades de utilización de un analizador de espectros.

En el modo «full scan mode» el generador de seguimiento genera una señal que barre todo el margen de frecuencia disponible. En el modo de funcionamiento «per división» se genera una señal

senoidal, cuya frecuencia varía con el ajuste de la frecuencia central del analizador de espectros.

La razón del seguimiento exacto (tracking) entre la frecuencia direccionante y la generada se encuentra en que el generador de seguimiento y el analizador de espectros son controlados por el mismo oscilador que a su vez es direccionado por la tensión; esto quiere decir que los dos aparatos son sincronizados a través del oscilador local del analizador de espectros.

La señal de salida del generador de seguimiento se genera mezclando las señales de dos osciladores. Una señal se genera en el mismo generador de seguimiento.

Si la frecuencia generada por la mezcla es igual a la frecuencia intermedia del analizador de espectros, entonces es la frecuencia de salida del generador de seguimiento igual a la frecuencia de entrada del analizador de espectros. Esta condición es válida para todos los modos de «SCAN».

La denominación de «seguimiento» quiere decir, que la frecuencia de la tensión de salida siempre se encuentra centrada en el filtro de paso del analizador de espectros. Armónicos de la señal, aunque hayan sido generadas en el mismo generador de seguimiento o en el analizador de espectros, se encuentran de este modo fuera del rango de paso del filtro en el analizador de espectros. De este modo solo se representa la frecuencia fundamental del generador de seguimiento sobre la pantalla. Medidas en frecuencia en un margen muy amplio son así posibles, sin que se influyeran las medidas a causa de insuficiencias espectrales.

La sensibilidad del sistema está limitada por el ruido propio y por el ancho de banda del filtro del analizador de espectros. El ancho de banda más estrecho utilizable para mediciones se determina mediante la FM residual del generador de seguimiento, así como por la desviación de frecuencia durante el «tracking» entre el generador y el analizador de espectros. Es otra vez decisiva la calidad del oscilador local y además el PLL para el pos direccionamiento de la frecuencia en el generador de seguimiento.

Para las mediciones de frecuencia (ancho de banda) y de atenuación en amplificadores o filtros se activa el generador de seguimiento. Entonces se introduce la tensión de salida del generador de seguimiento al elemento a investigar y la tensión de salida de este

elemento se introduce al analizador de espectros. En esta configuración se crea un sistema de medida de frecuencia vobulado y cerrado en si mismo. Un lazo de control del nivel de salida del generador de seguimiento garantiza la estabilidad de amplitud en la totalidad del margen de frecuencia. El factor de reflexión y la atenuación del retorno se pueden medir mediante este sistema cómo también la relación de las ondas estacionarias.

## Comprobación de funcionamiento del analizador de espectros HM5010

Para estar seguro de que el HM5010 está trabajando correctamente en todas sus funciones, se describe a continuación una forma de comprobación, de fácil realización y sin la utilización de instrumentos de alto coste. Primero se pone el instrumento en marcha . A los 20 seg. después de iluminarse la pantalla se regula el mando de **INTENS.** a nivel medio y el de **FOCUS** a la nitidez mayor. Bien regulado, deben poder distinguirse los detalles del trazo de 10mm de altura. Este debe posicionarse sobre la línea inferior de la retícula mediante **Y.POS.** Ninguna tecla debe estar pulsada.

El HM5010 necesita para poder efectuar una comprobación correcta, un tiempo de calentamiento de 60 min.

Un control importante es el de la linealidad y precisión de los márgenes de frecuencia. Se comienza con el margen de scanwidth 100MHz/div. Esta se ajusta mediante las teclas de "up" y "down" debajo del campo de indicación de scanwidth. Para obtener una mayor facilidad en el ajuste fino de la frecuencia debería situarse la raya del regulador descrito con **FINE** hacia arriba. Después se ajusta la indicación en 500,0MHz mediante el botón de **CENTER FREQ.** Para un control altamente preciso, que no es necesario normalmente, se debe analizar todo el margen de frecuencias de 0 - 1000MHz en pasos de 50MHz mediante el HM8133 de HAMEG. Además se debe posicionar entonces la señal presentada siempre sobre una línea vertical de la pantalla con cada paso de 100MHz. Una tolerancia de  $\pm 2$ mm aún es aceptable.

Si no se tiene a disposición un generador de estas características, se puede realizar un control suficiente con ayuda del marker. Para esto debe activarse el marker.

Si el marker se ajusta exactamente en 000,0MHz debe estar situado sobre la línea de "zero peak". Después se debe mover el marker en pasos de 100MHz hacia la derecha. Entonces debe de quedar siempre encima de una de las líneas verticales de la retícula.

Variaciones alrededor de  $\pm 1\text{mm}$  aun son aceptables. Cuando se llega a la línea derecha exterior, es conveniente volver a conmutar a "Center Frequency" para controlar si esta se mantiene en 500MHz.

Para el control de los márgenes del scanwidth, se utiliza también el marker. Pero para esto se conmuta el ancho de banda de la frecuencia central a 20kHz mediante la tecla BANDWIDTH. También para este control se debe posicionar la CENTER FREQ. exactamente sobre los 500,0MHz. Entonces se posiciona la línea del marker sobre la línea exterior de la derecha de la retícula. Comenzando con la posición 0,1MHz/div. se prueban entonces todos los márgenes del scanwidth. Los siguientes valores deben ser indicados:

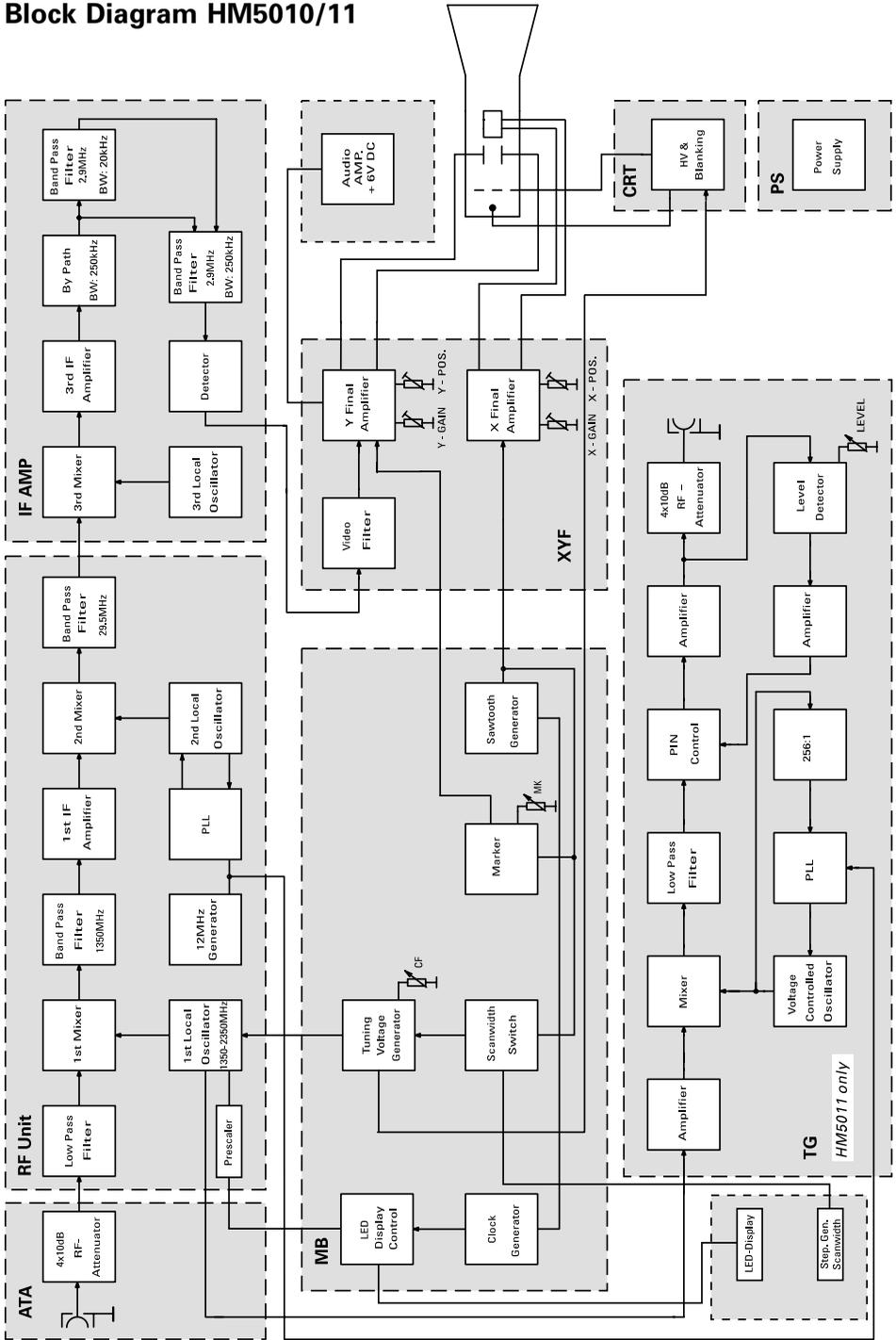
Otra de las cualidades que determinan la calidad del HM5010 es la estabilidad en frecuencia. Para ello debería tenerse a disposición un generador estable con señal analógica de 500MHz. Ya que para ello sólo entraría en consideración un sintetizador, se debe contentar uno con el "zero peak" del aparato. Para el control se debe posicionar la CENTER FREQ. exactamente sobre 000,0MHz. Entonces debe quedar el "zero peak" en el medio de la retícula. Entonces se activa el margen de scanwidth en 0,2MHz/div. y se observa como de estable permanece el "zero peak" en el centro de la retícula. Si en una hora se desplaza  $\pm 1\text{cm}$  alrededor de la línea central, es señal de que la estabilidad de frecuencia está en orden. Con variaciones mayores deberá controlarse primero si han habido grandes variaciones de temperatura o corrientes de aire importantes en el habitáculo.

## Accesorios

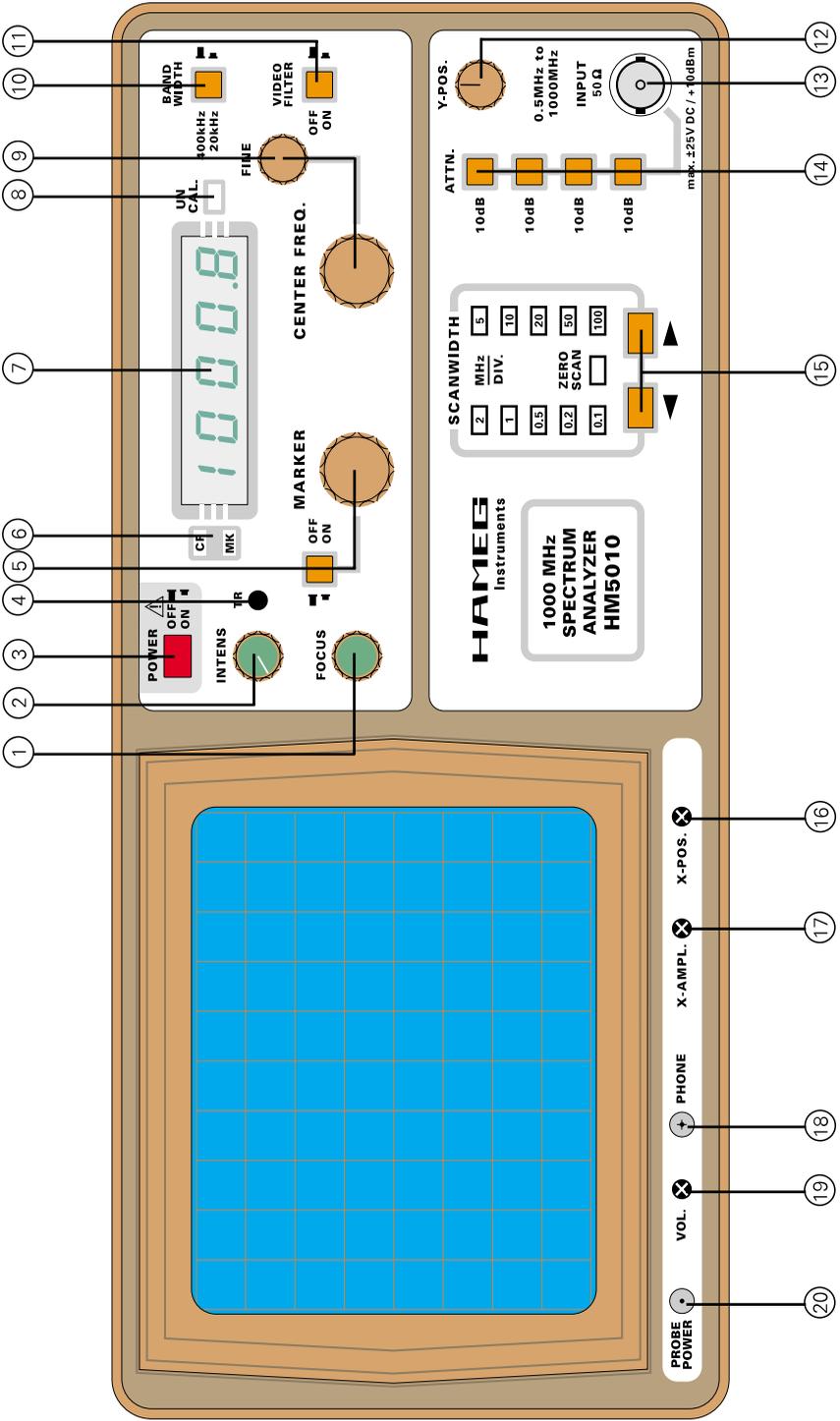
Las múltiples posibilidades de uso de un analizador de espectros se pueden aumentar mediante accesorios adecuados. A este efecto HAMEG ofrece una selección de productos de alta calidad:

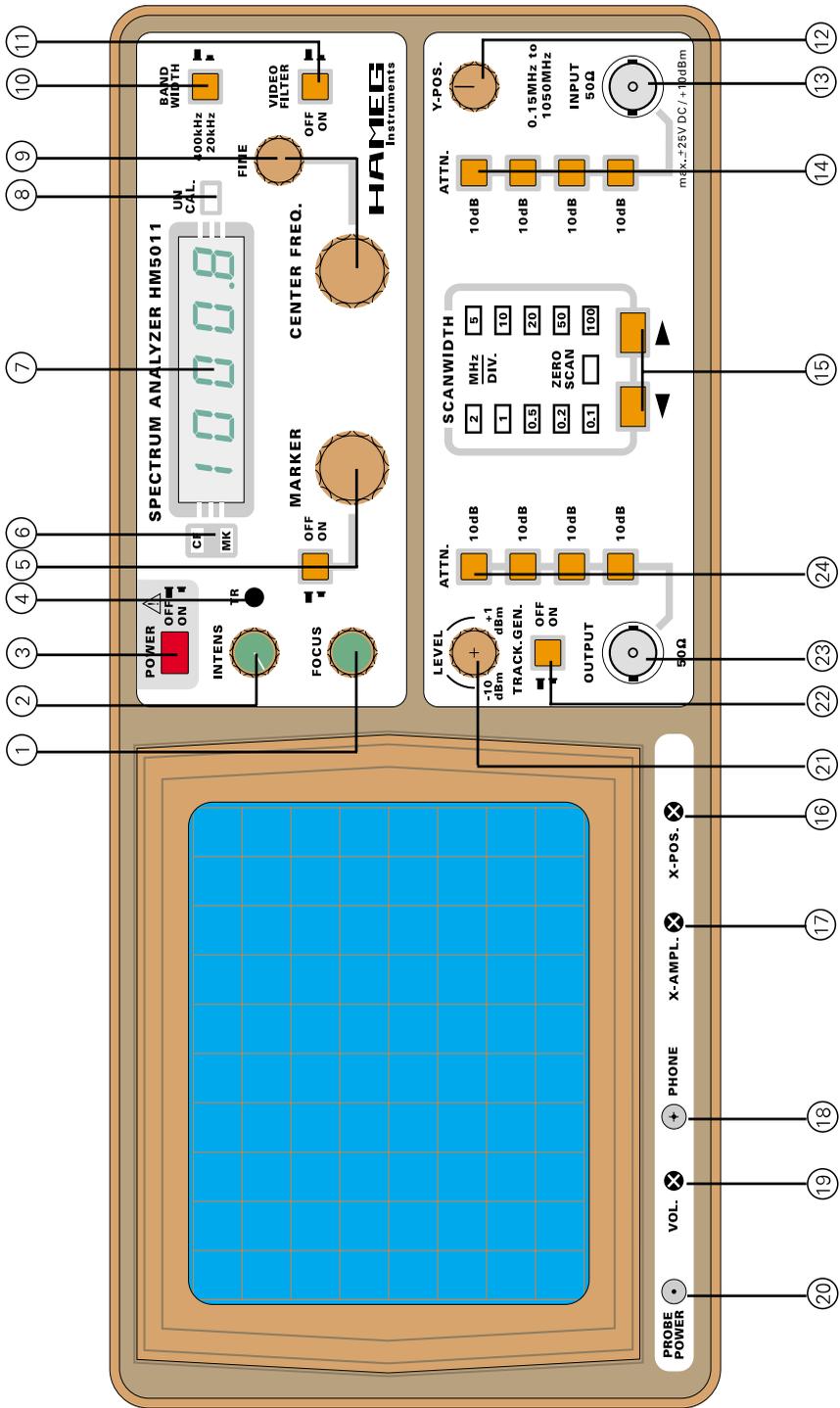
- HZ32-HZ35:** Cables BNC de varias medidas
- HZ 24:** Diversos atenuadores fijos,  $50\Omega$
- HZ 530:** Conjunto de sondas de medida para EMC

# Block Diagram HM5010/11



# HM5010











# **HAMEG®**

## **Instruments**

Oscilloscopes

Multimeters

Counters

Frequency Synthesizers

Generators

R- and LC-Meters

Spectrum Analyzers

Power Supplies

Curve Tracers

Time Standards

### **Germany**

#### **HAMEG Service**

Kelsterbacher Str. 15-19  
60528 FRANKFURT am Main  
Tel. (069) 67805 - 24 -15  
Telefax (069) 67805 - 31  
E-mail: [service@hameg.de](mailto:service@hameg.de)

#### **HAMEG GmbH**

Industriestraße 6  
63533 Mainhausen  
Tel. (06182) 8909 - 0  
Telefax (06182) 8909 - 30  
E-mail: [sales@hameg.de](mailto:sales@hameg.de)

### **France**

#### **HAMEG S.a.r.l**

5-9, av. de la République  
94800-VILLEJUIF  
Tél. (1) 4677 8151  
Telefax (1) 4726 3544  
E-mail: [hamegcom@magic.fr](mailto:hamegcom@magic.fr)

### **Spain**

#### **HAMEG S.L.**

Villarroel 172-174  
08036 BARCELONA  
Teléf. (93)4301597  
Telefax (93)321220  
E-mail: [email@hameg.es](mailto:email@hameg.es)

### **Great Britain**

#### **HAMEG LTD**

74-78 Collingdon Street  
LUTON Bedfordshire LU1 1RX  
Phone (01582) 413174  
Telefax (01582) 456416  
E-mail: [sales@hameg.co.uk](mailto:sales@hameg.co.uk)

### **United States of America**

#### **HAMEG, Inc.**

266 East Meadow Avenue  
EAST MEADOW, NY 11554  
Phone (516) 794 4080  
Toll-free (800) 247 1241  
Telefax (516) 794 1855  
E-mail: [hamegny@aol.com](mailto:hamegny@aol.com)

### **Hongkong**

#### **HAMEG LTD**

Flat B, 7/F,  
Wing Hing Ind. Bldg.,  
499 Castle Peak Road,  
Lai Chi Kok, Kowloon  
Phone (852) 2 793 0218  
Telefax (852) 2 763 5236  
E-mail: [hameghk@netvigator.com](mailto:hameghk@netvigator.com)

42 - 5011 - 00S0