

C.N.E.A. Biblioteca	
ARCHIVO PUBLICACIONES	
Nº 1	AÑO 1980

09.80.03

CNEA-NT-24/80

REPUBLICA ARGENTINA
COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION
CENTRO ATOMICO BARILOCHE

**DISPOSITIVO PARA MEDICION DE FRECUENCIA
RF MODULADAS EN FRECUENCIA**

POR
C. FAINSTEIN Y G. PADIN

BUENOS AIRES
1980

COMISION NACIONAL DE ENERGIA ATOMICA
DEPENDIENTE DE LA PRESIDENCIA DE LA NACION

DISPOSITIVO PARA MEDICION DE FRECUENCIA
RF MODULADAS EN FRECUENCIA

C. Fainstein y G. Padin

RESUMEN

Describimos en este trabajo, un dispositivo electrónico que hemos desarrollado para la medición de frecuencias rf cuando estas son moduladas en frecuencia. Este dispositivo es actualmente utilizado en espectroscopía endor y aplicaciones de técnicas de rmn.

SUMMARY

*A device for the measurement of frequency modulated rf-signals**

An electronic device which allows for the measurement of frequency in rf-signals which are frequency modulated is described. This device is now being used in connection with rf-spectroscopy systems, such as ligand-endor spectroscopy and applications of nmr techniques.

INTRODUCCION

DISPOSITIVOS PARA MEDICION DE FRECUENCIAS EN SEÑALES CON FM

Espectroscopía de Resonancias Magnéticas (RM) (1,2) constituye una técnica moderna para el estudio de propiedades físicas y químicas de líquidos, sólidos o gases. Esta técnica resulta sumamente útil tanto en el estudio de problemas de interés fundamental, como así también en aquellos problemas vinculados con los aspectos de análisis y control de procesos industriales.

* This work has been partially supported by the O.A.S.

La técnica de RM se basa en la propiedad que poseen sustancias con momento magnético (nuclear ó electrónico) no nulo, de absorber energía electromagnética de frecuencia bien definida, en presencia de un campo magnético estático exterior, también bien definido. Simples consideraciones permiten establecer la relación.

$$\omega = \gamma H$$

válida en primera aproximación, donde H es el campo magnético estático exterior, $f = \omega/2\pi$ la frecuencia de la energía electromagnética absorbida, y γ es un parámetro a la muestra.

Consideraciones de carácter práctico han determinado el uso de métodos de detección de este efecto mediante la utilización de técnicas de modulación (por ejemplo, del campo magnético exterior), y amplificación de la señal de resonancia por medio de "lock-in amplifiers" (3,4). Visualizada de este modo la señal de absorción, el campo magnético H y la frecuencia f pueden medirse con gran precisión, y el valor del parámetro γ es entonces obtenido también en forma muy precisa.

En muchos casos, y en particular en experiencias de Resonancia Magnética Nuclear (nmr) ó Resonancia Doble Nuclear-Electrónica (endor), se obtiene una mejor observación de la señal mediante la modulación de la radiofrecuencia incidente sobre la muestra. Con modulación FM es posible aumentar la relación señal/ruido en uno o dos ordenes de magnitud, evitando los inconvenientes derivados de la aplicación de la técnica de modulación de campo magnético.

La realización de experiencias de RM utilizando técnicas de FM resultan actualmente factibles en forma simple mediante la utilización de diodos de sintonía (varicaps); el problema que surge es el de medir con precisión la frecuencia de resonancia (usualmente, decenas de MHz) cuando ésta es modulada FM. Valores típicos de amplitud de modulación alcanzan las decenas de KHz, con frecuencias de decenas o centenas de Hz.

Con el propósito de resolver este problema, hemos desarrollado con éxito un dispositivo electrónico de simple diseño, que describimos.

DESCRIPCION DEL DISPOSITIVO

El generador de radiofrecuencia modulada se compone de las unidades,

- a. - oscilador de radiofrecuencia, estable y de frecuencia controlable, que admite modulación FM de la señal de frecuencia rf enviada hacia la muestra,
- b.- frecuencímetro digital, que mide con precisión suficiente la frecuencia a la muestra,

- c. generador de señales, por medio del cual se modula FM la señal de frecuencia rf.

En el caso de modulación FM se presenta el problema de indeterminación de la frecuencia enviada hacia la muestra, pues en un instante dado la lectura será la debida a la frecuencia rf central más la contribución de la modulación de frecuencia. Esta situación es observable en la figura 1, donde el eje horizontal es el eje de tiempos, y el eje vertical representa la frecuencia rf de la salida del oscilador. En aquellos casos donde estos apartamientos de la frecuencia rf central sean importantes, se hace imprescindible desarrollar un dispositivo que resuelva el problema.

El gráfico de figura 1, puede ser analizado considerando el modo de operación del frecuencímetro digital: un oscilador patrón muy estable genera una señal de duración determinada en tiempo, durante el cual se habilita una compuerta que permite el paso de la frecuencia rf modulada FM hacia un contador digital. Para eliminar la indeterminación en frecuencia, se deben cumplir las siguientes condiciones:

i. el oscilador de modulación debe ser al menos tan estable como el oscilador patrón que determina el tiempo de apertura de la compuerta. De no cumplirse ésto, ingresaría por la compuerta un número diferente de ciclos de modulación cada vez que se realice una medida, resultando entonces lecturas diferentes.

ii.- dentro del tiempo de apertura de la compuerta debe ingresar un número entero de ciclos de modulación, en cuyo caso el frecuencímetro promediará las lecturas dando efectivamente como resultado el valor de la frecuencia central. Si el número de ciclos que ingresan no es un entero, dará un error residual.

Para nuestro caso (aplicación en espectroscopía endor de ligantes y medición de campos magnéticos por técnicas de nmr), las frecuencias de modulación FM elegidas son: 40,80,160, y 320 Hz.

La figura 2 muestra el diagrama en bloque del dispositivo; el requerimiento i. se cumple tomando una señal de 1.0 KHz del oscilador patrón del frecuencímetro digital. Esta señal, dividida por 25, genera la frecuencia mínima (40 Hz) de modulación FM, la cual, luego de multiplicada, resulta en las otras requeridas. La condición ii. es satisfecha mediante la utilización de un "phase lock-loop". Mayores detalles daremos más abajo, en relación con la figura 3, donde se explicita el diagrama de la figura 2.

El resultado de operar el dispositivo puede ser observado en la figura 4, en un gráfico similar a aquel de figura 1. Comparando ambos gráficos se observa la total eliminación de la indeterminación en frecuencia rf cuando ésta es modulada FM. En figura 4, la diferencia entre la frecuencia rf en las condiciones si-FM y no-FM, es atribuida a un corrimiento de la tensión sobre el diodo de sintonía del oscilador rf al pasar de la posición no-FM a la posición si-FM. Esto no resulta importante en

nuestras aplicaciones, donde se realizan barridos lentos de frecuencia y de amplitud comprendida entre 100 KHz y varios MHz. De ser necesario fijar una determinada frecuencia f_r , puede actuarse tanto sobre el capacitador de sintonía del oscilador f_r , como sobre el nivel de continua de la señal FM externa.

En la figura 3 mostramos explícitamente el circuito que hemos desarrollado. Las frecuencias para modulación FM se obtienen a partir de la salida de 1,0 KHz del oscilador patrón (originada en el frecuencímetro digital); la cual es dividida por 25 mediante dos contadores 7490 puestos en cascada; cada uno conectado como divisor por 5. Los 40 Hz así obtenidos se aplican a una de las entradas del "phase locked loop" LM 565, quién está compuesto de un detector de fase, un amplificador y un oscilador controlado a voltaje ó VCO. La salida del VCO es enviada a través de un "up down counter presetable" 74190, hacia la otra entrada del LM 565.

El 74190 está conectado como "down counter" preajutable a un valor elegible con una llave digital codificada BCD, obteniéndose de este modo, un contador divisor por n , siendo n un entero que toma valores desde 1 hasta 9. De esta forma, al cerrarse el lazo se obtiene a la entrada del detector de fase (LM565) dos señales de 40 Hz con una determinada relación de fase constante, y a la salida de VCO (LM 565) habrá una señal de frecuencia $(n \cdot 40)$ Hz.

La salida que utilizamos es la onda triangular provista por el VCO (LM565), adecuándose su impedancia de salida y su nivel de continua mediante un circuito auxiliar. Asociado al VCO (LM565) ubicamos un capacitador fijo y una resistencia variable de diez vueltas (C_1 y R_1 en la figura 4) cuyo propósito es el de sintonizar las frecuencias elegidas con la llave digital. La situación de sintonía (o captura) es observable mediante un circuito adicional que acciona un LED, éste centellea cuando el circuito está fuera de fase, y permanece encendido cuando éste captura.

AGRADECIMIENTOS

Deseamos agradecer al Sr. N. Miazzi por su asistencia técnica durante la realización de este trabajo.

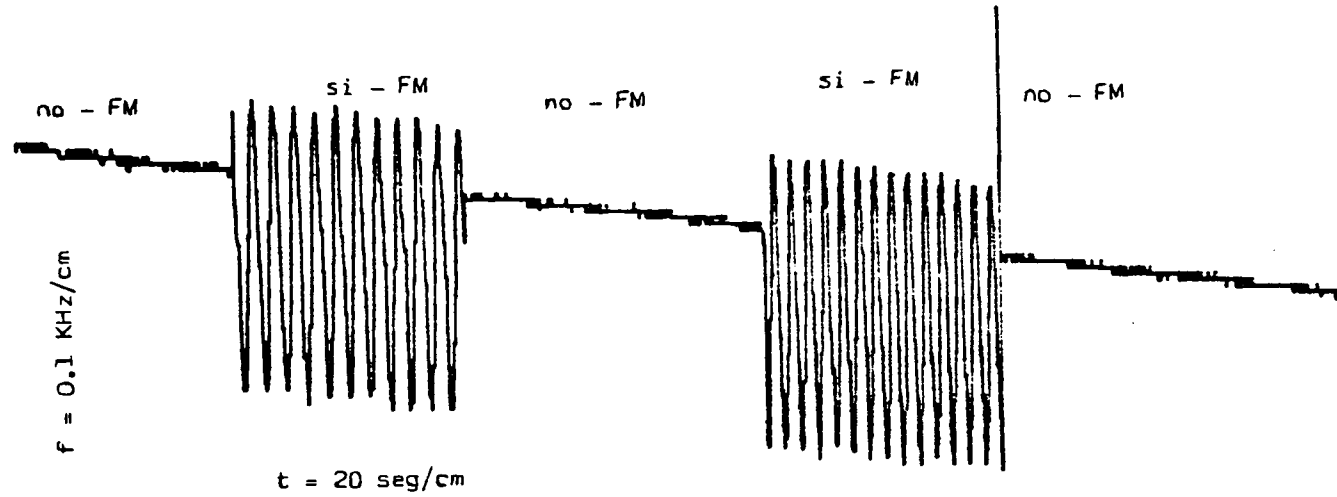


FIGURA 1

Lectura del frecuencímetro en función del tiempo, con y sin modulación en frecuencia. Frecuencia central: 30 MHz; modulación FM: amplitud 20 KHz, frecuencia 160 Hz; onda triangular.

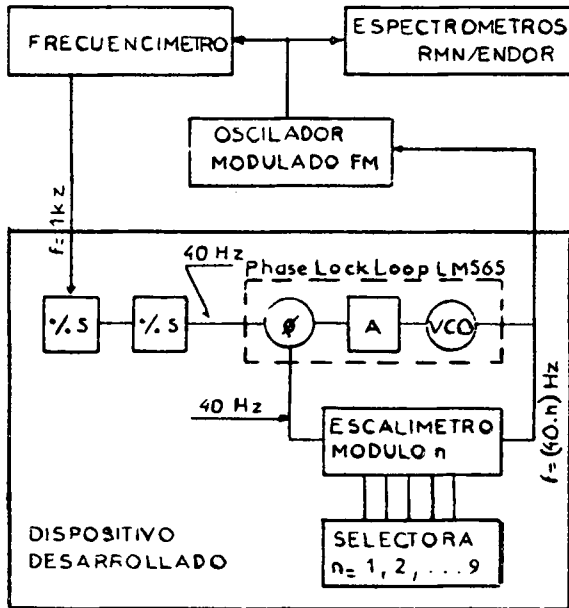


FIGURA 2

Diagrama en bloque del dispositivo.

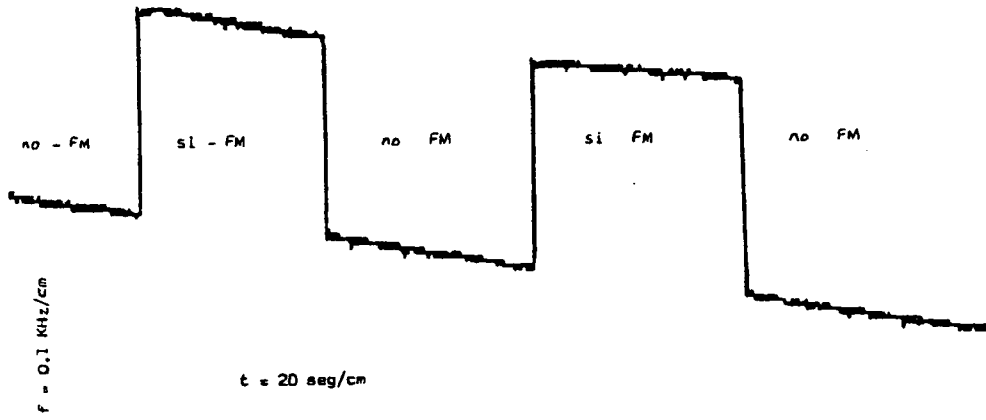


FIGURA 4

Efecto de modulación FM con inclusión del dispositivo según figura 3.
Iguales condiciones que en figura 1.

BIBLIOGRAFIA

1. A. ABRAGAM, "Les Principes du Magnétisme Nucléaire", Presses Universitaires de France, Paris (1961).
2. A. ABRAGAM y B. BLEANEY, "Electron Paramagnetic Resonance of Transition Ions", Claredon Press, Oxford (1970).
3. R. S. ALGER, "Electron Paramagnetic Resonance: Techniques and 'Applications'", Interscience, New York (1968).
4. C. P. POOLE, "Electron Spin Resonance, a Comprehensive Treatise on Experimental Techniques", Interscience, New York (1967).