

ESTUDI D'UN CLISTRÓ REFLEX

1 Introducció

L'objecte d'aquesta pràctica és l'observació experimental de les característiques d'un clistró *reflex*, model **2K25** (figura 1), que és un tub oscil·lador que cobreix la part central (aproximadament de 8,4 a 10,0 GHz) de la banda X (7-12 GHz).

Les principals característiques que es mesuraran, en funció de la freqüència d'oscil·lació, són:

- La potència generada en un mode d'oscil·lació determinat.
- La tensió del reflector que correspon al màxim del mode.
- La banda de sintonia electrònica. Degut a que la potència generada i la freqüència varien en modificar la tensió del reflector, es defineix la *banda de sintonia* com la diferència entre les dues freqüències a cada costat del mode d'oscil·lació per les quals la potència emesa ha disminuït 3 dB respecte al seu màxim.



Figura 1

2 Material

El banc de mesura que s'utilitzarà (guia conductora de secció rectangular 0,9"x 0,4") comprèn (figura 2):

- Clistró 2K25, muntat en un suport d'adaptació a la guia (fig. 3a).
- Font d'alimentació del clistró (fig. 3a).
- Voltímetre DC, incorporat a la font (b).
- Modulador de la tensió del reflector (fig. 3a).
- Aïllador de ferrita de banda ampla (fig. 3a).
- Atenuador (fig. 3b).
- Freqüencímetre (fig. 3c).
- Atenuador calibrat (fig. 3d).
- Suport de díode de banda ampla (fig. 4a).
- Oscil·loscopi (fig. 4b).
- Suport de termistància (fig. 4c).
- Wattímetre (fig. 4d).

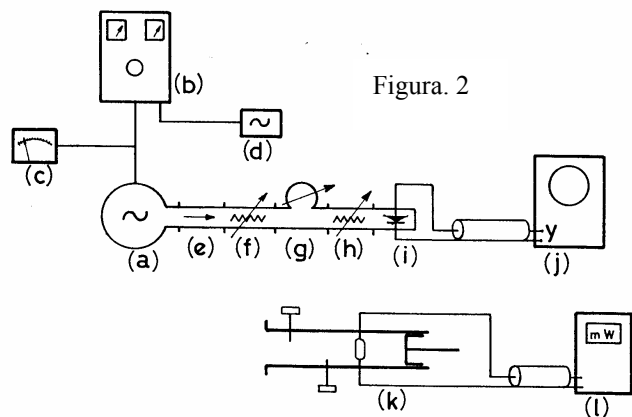
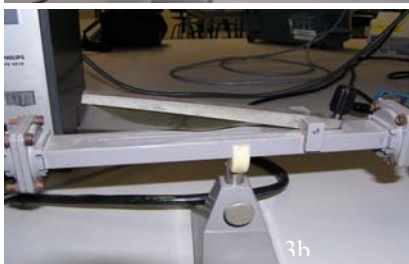


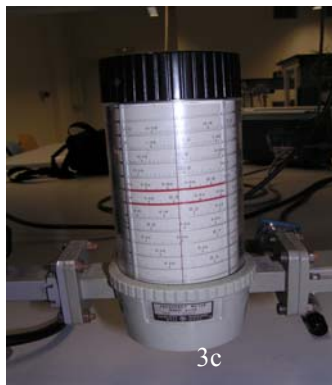
Figura 2



3a



3h



3c



3d

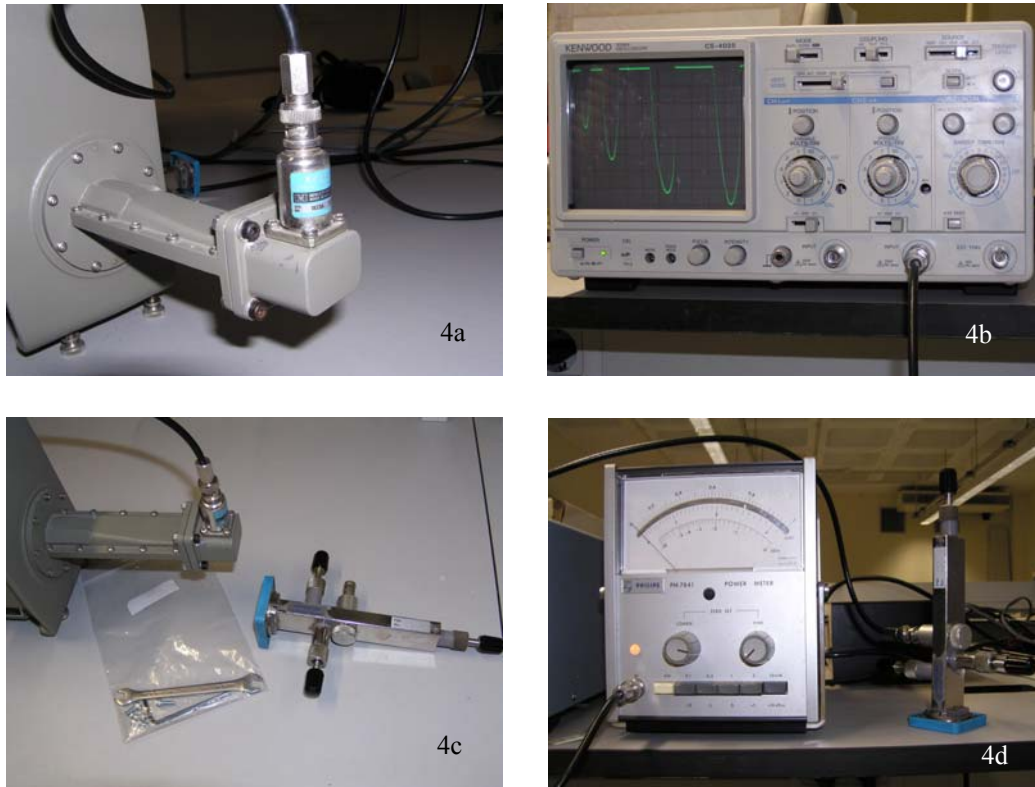


Figura 4

3 Ajust inicial

- 3.1 Inicialització del banc de microones. Convé que tots els atenuadors estiguin en la posició de màxima atenuació (figures 3b i 3d).
- 3.2 Connexió de l'oscil·loscopi i del interruptor general de la font d'alimentació del clístró (figura 3a) (commutador de l'esquerra, marcat amb \sim).
- 3.3 Al cap d'un minut, aproximadament, podreu aplicar tensió amb el interruptor de la dreta ($\bullet\bullet\bullet$). Aquest interruptor connecta l'alta tensió positiva a la cavitat ressonant i la tensió negativa al reflector. Amb el botó central, podreu ajustar la tensió del reflector aproximadament a 150 V.
- 3.4 Configuració de l'oscil·loscopi (fig. 4b). Per tal d'observar el senyal emès pel clístró reflex, es recomana efectuar els següents controls de l'oscil·loscopi:
 - Sincronisme: *Line*.
 - Amplificador vertical: 5 mV/cm.
 - Convé que situeu la traça sobre la primera línia superior de la retícula de la pantalla, que servirà de referència de nivell 0. Com que la tensió contínua detectada pel díode (i) és negativa, la traça es desplaçarà cap a la part inferior de la pantalla en augmentar el senyal detectat.
- 3.5 Visualització del senyal emès pel clístró reflex amb l'oscil·loscopi (figura 4b). Podreu visualitzar el senyal si obriu l'atenuador (f) fins a la meitat (fig. 3b), aproximadament, i després, obriu l'atenuador calibrat (h) (fig. 3d) (lentament) fins que observeu un desplaçament vertical de la traça d'1 o 2 cm (quadres) en la pantalla de l'oscil·loscopi. En cas que la traça no es desplaçés, hauríeu d'ajustar la tensió del reflector per tal d'activar algun dels modes de l'oscil·lador.

- 3.6 Visualització d'un dels modes d'oscil·lació. Es recomana que ajusteu la tensió del reflector fins a obtenir la màxima desviació. Si la traça sortís fora de la pantalla, tanqueu l'atenuador calibrat (fig. 3d). En aquestes condicions, el clístró estarà oscil·lant al màxim d'un dels modes d'oscil·lació.

- 3.7 Visualització del conjunt de modes del clístró. Es recomana que connecteu el circuit de modulació de la tensió del reflector (fig. 5), que suma una tensió sinusoidal variable de 50 Hz a la tensió contínua fixada pel botó de regulació de la font. A la pantalla de l'oscil·loscopi apareixeran els modes d'oscil·lació del clístró. Variant la tensió de modulació, la tensió contínua del reflector i la base de temps de l'oscil·loscopi, es poden observar tots els modes, o només un de sol.

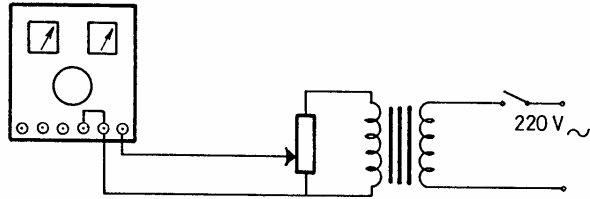


Figura 5

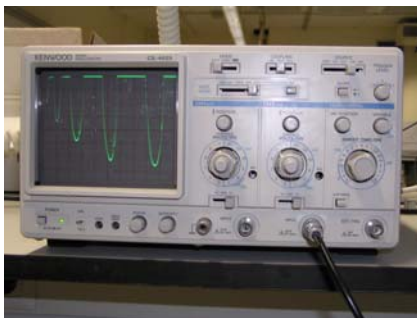
- 3.8 Espereu uns 15 min perquè s'estabilitzi tèrmicament el clístró.

4 Mesures relatives

Per tal d'analitzar el comportament del clístró farem un seguit de mesures relatives a diverses freqüències d'emissió del clístró.

- 4.1 Sintonització de la cavitat del clístró a la freqüència més alta. Gireu lentament el botó d'ajust de la cavitat (figura 3a) en sentit antihorari fins al final (sense forçar-lo).
- 4.2 Si varieu la tensió de modulació, podreu observar a la pantalla els diferents modes d'oscil·lació (fig. 6a).

a)



b)

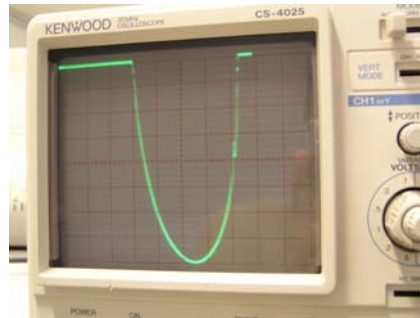


Figura 6

- 4.3 Mesura de l'atenuació. Si centreu a la pantalla el mode de més amplitud i ajusteu l'amplitud del mode amb l'atenuador calibrat, podreu aconseguir que ocupi gairebé tota la pantalla (fig. 6b). Convé que deixeu l'atenuador calibrat en un valor exacte de dB (A). Aleshores, amb l'atenuador (f), podreu fer que el màxim del mode arribi fins a la penúltima o la última divisió de la pantalla.

*Per tal de no perdre la referència de potència emesa pel clístró, convé que en totes les mesures que segueixen de l'apartat 4, **no modifiqueu la posició de l'atenuador (f)**. Des d'ara, només haureu d'ajustar les amplituds amb l'atenuador calibrat.*

- 4.4 Mesura de la freqüència f_0 . Si gireu el control de sintonia del freqüencímetre, fins que aparegui sobre la corba del mode el *dip* produït per l'absorció de potència a la cavitat, podreu fer-lo coincidir amb el màxim del mode (fig. 7a). En aquesta posició podreu llegir la freqüència f_0 sobre l'escala del freqüencímetre (fig. 3c) (entre les dues línies vermelles).

- 4.5 Mesura de la tensió del reflector, V_r . Si anul·leu la tensió de modulació i ajusteu la tensió del reflector, podreu aconseguir que la traça se situï al nivell del mode de més amplitud. Aleshores, podreu llegir la tensió de reflector V_r en el voltímetre (c).

Atenció: convé que sempre mesureu sobre el mode de més amplitud.

- 4.6 Determinació de la banda de sintonia. Si restabliu la tensió de modulació i disminuïu l'atenuació 3 dB, l'oscil·lograma apareixerà com a la figura 7b. Ara podreu ajustar el freqüencímetre perquè el *dip* de ressonància aparegui successivament en els dos punts de la corba que són al nivell on hi havia el màxim del mode abans de desatenuar-lo. Si anoteu les freqüències f_1 i f_2 , podreu determinar la banda de sintonia electrònica mitjançant: $\Delta f = |f_1 - f_2|$.

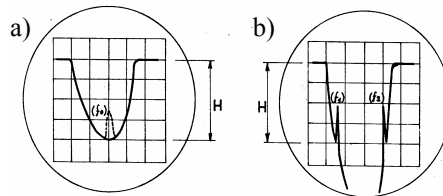


Figura 7

- 4.7 Canvi de la freqüència del clístró. Si gireu el control de sintonia del clístró en sentit horari (dues voltes), el tub oscil·larà a una freqüència f'_0 més baixa. Aleshores, com heu fet en les operacions 4.2 i 4.3, escolliu i centreu a la pantalla el mode de més amplitud.
- 4.8 Determinació de l'atenuació A' . Sense modificar la posició de l'atenuador (f), ajusteu l'atenuador calibrat perquè el màxim del mode aparegui al mateix nivell que en l'apartat 4.3. Anoteu la nova atenuació A' . El quocient, expressat en dB, entre la potència emesa a la freqüència f'_0 i la emesa a la freqüència f_0 , val:

$$P(\text{dB}) = 10 \log_{10} (P_o'/P_o) = A' - A.$$

- 4.9 Determinació de f'_0 , V_r i la banda de sintonia electrònica, com en els apartats 4.4, 4.5 i 4.6.
- 4.10 Repetiu aquestes operacions a diferents freqüències, fins a arribar a la més baixa que es pugui mesurar. Convé mesurar de 6 a 8 punts, repartits regularment sobre la banda (8,4-10 GHz). Els valors de P es referiran sempre a l'atenuació de la primera freqüència mesurada (A).
- 4.11 Representeu les corbes $V_r(f_0)$, $P(f_0)$ i $\Delta f/f_0 (f_0)$ en %.

5 Mesura de potència en valor absolut

Les mesures de l'apartat 4 només donen la variació relativa de potència del mode principal, en funció de la freqüència de ressonància de la cavitat del clístró.

Per obtenir els valors absoluts, només cal mesurar la potència absoluta a una freqüència. Això ens donarà un punt de referència per convertir els valors relatius en absoluts.

- 5.1 Amb el clístró sintonitzat a l'última freqüència de l'apartat 4.10, anul·leu la modulació i ajusteu la tensió contínua del reflector perquè el clístró oscil·li al màxim del mode principal.
- 5.2 Configuració del wattímetre (l a la fig.2). Amb el suport de termistància (fig.4d) connectat al wattímetre (però separat del banc de microones), polseu els botons *ON* i *10 mW* del wattímetre. Si l'agulla surt fora d'escala, porteu-la al zero amb els botons *Zero Set*.
- 5.3 Sense tocar l'atenuador (f), ajusteu al màxim l'atenuador calibrat. Mentre el wattímetre s'equilibra tèrmicament, desmunteu de la guia d'ones el suport del díode (fig.4a). Atenció: cal evitar xocs mecànics i manipulacions brusques.
- 5.4 Muntatge i posta a zero de la termistància. Munteu el suport de termistància a l'extrem de la guia (fig.4c). Ajusteu de nou el zero del wattímetre i *desateneu al màxim (ara sí) l'atenuador (f)*.

- 5.5 Adaptació de la termistància a la guia d'ones. Ajusteu l'atenuador calibrat fins a obtenir una desviació significativa de l'agulla, sense arribar al fons d'escala. El suport de termistància té tres elements d'adaptació, que cal ajustar per estar segurs que la termistància absorbeix tota la radiació que es propaga per la guia. Comenceu pel pistó de curtcircuit de l'extrem, buscant la màxima desviació de (h). Ajusteu successivament les dues varetes verticals. Aquests tres elements es poden influir mútuament; caldrà repetir-ne l'ajust fins a obtenir la màxima desviació de l'agulla.
- 5.6 Determinació de la potència absoluta. Determineu la potència que circula per la guia a partir de les lectures del wattímetre (fig.8) i de l'atenuador calibrat (fig.3d).
- 5.7 A partir d'aquest valor i dels valors de potència relativa P (dB), dibuixeu la corba de potència absoluta (en mW) generada pel clistró en funció de la freqüència.
- 5.8 Desconnecteu els instruments seguint l'ordre següent:
- Tensió de cavitat i de reflector del clistró (•••).
 - Interruptor general de la font d'alimentació, wattímetre i oscil·loscopi.



Figura 8