

VÁLVULAS DE POTENCIA

POR GUSTAVO SEMINARIO



Las válvulas de potencia utilizadas en transmisión poseen un aspecto, tamaño y requerimientos que son fundamentales conocer.

Hoy por hoy las preferencias en cuanto a transmisores de frecuencia modulada siguen estando a favor de los equipos valvulares, fundamentalmente debido al mayor rendimiento general de éstos frente a los amplificadores de estado sólido. Por otro lado, a pesar del mejor rendimiento global de las etapas valvulares, tenemos el alto costo de reemplazo de las válvulas y su periodo de vida útil reducida respecto de los dispositivos de estado sólido. Sin embargo es posible extender la vida útil de las válvulas si tomamos ciertas precauciones.

El objetivo del presente apunte es introducirnos en los principios de construcción y funcionamiento de las válvulas termoiónicas de potencia y los procedimientos de conservación de las mismas.

GENERALIDADES

Una válvula termoiónica es, básicamente, una ampolla a la que se le ha efectuado vacío (0,1 a 0,01 mm de mercurio) y a la que se la ha dotado de un elemento, que llamaremos cátodo (**K**), cuya función es emitir electrones; un ánodo o placa (**A**) que estará conectado a un alto potencial siendo por este motivo positivo respecto al cátodo. Este atraerá los electrones emitidos por el cátodo. Un elemento denominado grilla de control (**G₁**) en forma de rejilla usualmente muy fina y a la que se le aplica una tensión continua negativa a efectos de polarización; ésta nos permitirá modular (en función de la tensión alterna aplicada) el haz de electrones que fluye entre cátodo y placa, controlando así la corriente de placa. Esta configuración corresponde a un **triodo**, si agregamos un cuarto elemento que denominaremos grilla pantalla (**G₂**), la cual es también una rejilla, pero menos fina que la anterior y a la que se le aplica una tensión continua positiva respecto del potencial de cátodo, obtenemos una válvula **tétrodo**. La grilla pantalla se agrega a fin de disminuir la capacidad interelectródica de la válvula. Por último, si agregamos un quinto elemento estaríamos frente a una válvula **pentodo**. En este caso el quinto electrodo se denomina grilla supresora (**G₃**), siendo el paso de esta rejilla muy abierto a fin de obstruir el paso de los electrones lo menos posible (la reja supresora funciona a potencial de cátodo). El pentodo fue el resultado de los esfuerzos por mejorar las características de los triodos y los tétrodos. El agregado de la grilla supresora elimina prácticamente casi toda capacidad directa entre la grilla de control y la placa. La grilla supresora evita el pasaje de electrones (producto de emisión secundaria) entre la pantalla y placa, como ocurre en el tétrodo. Como la grilla supresora trabaja a potencia cero produce un gradiente negativo de potencial en la zona próxima a la placa que hace que los electrones secundarios liberados por la misma vuelvan a ésta.

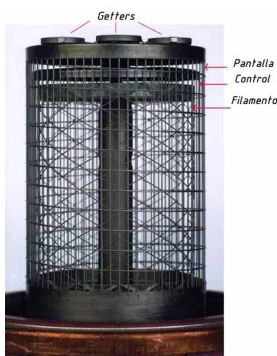
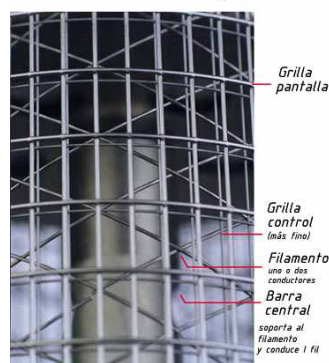


Fig 2: Vista del aspecto de los electrodos



4CX15.000A con el ánodo desmontado

EL CATODO

La función del cátodo , como ya se ha comentado , es emitir electrones. Existen cuatro tipos fundamentales de emisión electrónica:

- EMISIÓN TÉRMICA
- EMISIÓN SECUNDARIA
- EMISIÓN FOTOELÉCTRICA
- EMISIÓN POR CAMPO ELÉCTRICO

En nuestro caso nos interesa la emisión térmica . Esta tiene lugar cuando los electrones de un material reciben suficiente energía térmica como para vencer la fuerza que los retiene en el material. Esta se denomina barrera de potencial o función trabajo.

La ley que relaciona la corriente de emisión con la temperatura fue propuesta originalmente por O.W. Richardson en 1921, en su obra “EMISIÓN DE ELECTRICIDAD EN LOS CUERPOS CALIENTES” . Nueve años después , S. Dushman propone una ecuación ligeramente diferente a la de Richardson en “EMISIÓN TERMOIONICA” articulo publicado en la revista “*MODERN PHYSYCS*” en octubre de 1930. Actualmente se la conoce como **Ley de Richardson-Dushman**

$$I = AT^2 e^{-b/T}$$

donde

I = corriente (en amperes por cm^2)

A = constante universal cuyo valor es 120,4 amperes por $cm^2 \cdot kelvin^2$

T = temperatura absoluta del material (en grados kelvin)

b = es una constante determinada por la sustancia y su valor en grados kelvin es proporcional a la barrera de potencial ; su valor numérico se calcula: $b = 11.600$, donde es la barrera de potencial del material.

MATERIALES EMISORES

TUNGSTENO PURO

El tungsteno puro es el único de los metales utilizado y utilizable en la fabricación de filamentos. Su barrera de potencial es grande en comparación con la mayoría de las sustancias (4,52 eV) lo que representa un grave inconveniente ; pero la temperatura de fusión se eleva a 3.640 °K , lo que permite una temperatura de trabajo de 2500°K sin que peligre su estabilidad física.

Es un material muy difícil de trabajar y no se puede trefilar para reducirlo a filamentos.

Lo que determina su utilización es su alta resistencia al bombardeo iónico.

TUNGSTENO TORIADO

El tungsteno toriado se obtiene agregando al tungsteno puro un 2,5 % de torio bajo la forma de óxido de torio. Al calentarse el tungsteno , el torio metálico se difunde hacia la superficie donde se supone que forma una capa monoatómica que la recubre totalmente. Esta película se evapora constantemente pero el proceso de difusión la repone. Si la temperatura es excesiva el proceso de evaporación es mas rápido que el de difusión dejando al descubierto al tungsteno puro en algunas zonas , disminuyendo así la emisión.

La función trabajo del tungsteno toriado es de 2,6 eV. Este valor es menor que el del torio puro (3,4 eV) y del tungsteno puro (4,52 eV) que son los componentes que intervienen en su formación.

Físicamente los formatos de filamentos utilizados actualmente en válvulas de potencia son del tipo barra y del tipo mesh (CESTA), ambos formatos ofrecen una excelente compensación térmica para la estructura del filamento, necesaria para contrarrestar la dilatación y contracción de la estructura durante el encendido y el apagado.

RECUBRIMIENTO DE OXIDOS

Estos son más eficientes que los dos anteriores y es el único que admite ser utilizado para calentamiento indirecto debido a su temperatura de emisión, que es muy inferior a la de los materiales previamente descriptos.

En las válvulas de potencia prácticas se utiliza como material emisor el tungsteno toriado, debido al alto punto de fusión del tungsteno y al bajo valor de la función trabajo para esta combinación.

Existen dos formas de excitar térmicamente al cátodo:

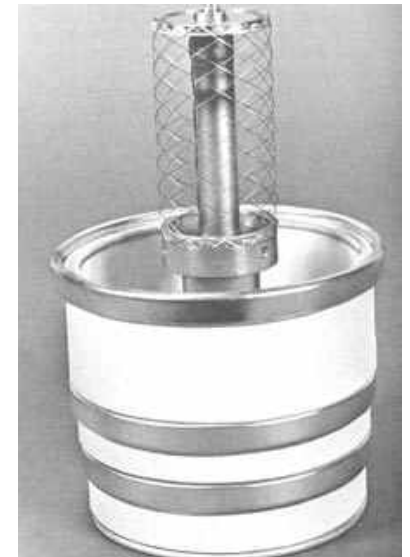
- **CALENTAMIENTO INDIRECTO:** este tipo de emisores reciben calor de un filamento calefactor ubicado en su interior.
- **CALENTAMIENTO DIRECTO:** en este tipo de emisor, la corriente de calefacción se hace circular directamente a través del filamento que debe emitir electrones.

LOS GETTERS

El alto vacío en las válvulas se obtiene por medio de **getters** (absorbentes metálicos) los cuales se instalan dentro de la válvula con el fin de quitar el gas residual.

Los getters son elementos inertes que tienen la propiedad de absorber gases a cierta temperatura

En la primera fotografía se pueden observar tres discos sobre la parte superior, esos son los getters.



CUIDADO DE LAS VÁLVULAS

La vida útil de una válvula de potencia puede ser extendida si se le da el cuidado pertinente. Muchas válvulas de potencia utilizan filamentos de calentamiento directo, de tungsteno toriado.

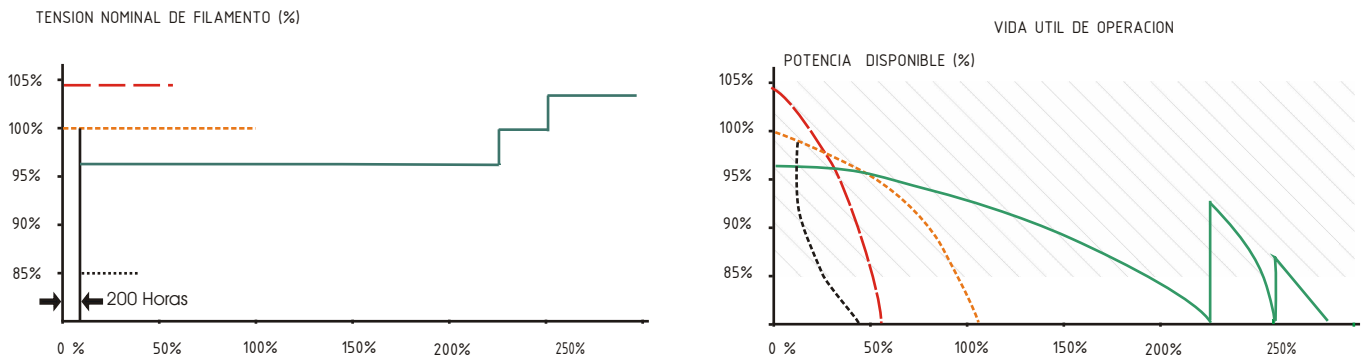
Los puntos clave para extender la vida útil de una válvula son:

- Almacenar las válvulas en forma vertical para mantener sus elementos internos concéntricos.
- Tener cuidado al manipular válvulas para evitar golpes que pueden ocasionar averías a su delicada estructura interna. No apoyar la base de la válvula sobre una superficie dura.
- Mantener el disipador de ánodo de la válvula libre de polvo y suciedad limpiándolo regularmente.
- Si se tienen válvulas de repuesto, tenerlas a mano y rotarlas regularmente, para que los getters se activen y así prevenir la gasificación de la válvula.
- Mantener un registro regular de los parámetros operativos de la válvula para detectar las variaciones de los mismos. Si una válvula falla durante la garantía este registro será esencial para acreditarlo.
- Medir y registrar regularmente la tensión de filamento utilizando un voltímetro con respuesta RMS. El punto de medición debe ubicarse lo más cerca posible de los contactos de filamento de la válvula a fin de minimizar los errores debidos a caídas de tensión en el cableado de alimentación del filamento.

Una válvula que ha sido correctamente operada mostrará una pérdida gradual de emisión hasta el punto de no ser ya utilizable: esto se debe al consumo gradual del filamento. Cuando se alcanza este punto, las válvulas de alta potencia pueden ser reconstruidas. La ventaja es que el costo de reconstrucción de una válvula, como término medio, es de alrededor del cincuenta por ciento del valor de una unidad nueva.

La vida útil de una válvula está relacionada con la cantidad de carbono procesada en el filamento durante el proceso de carburización (la cual está limitada por la creciente fragilidad del filamento al aumentar la cantidad de carbono en el mismo) y, por lo tanto, también con la temperatura de operación del filamento (tensión de filamento), que define la velocidad con que el carbono se consumirá y la densidad de corriente de emisión (miliamperes/watt) para un tamaño dado de filamento. De lo expuesto es fácil deducir que si disminuimos la tensión de filamento, disminuimos así la velocidad de consumo del carbono extendiendo de esta forma la vida útil de la válvula.

Si operamos una válvula determinada, con una tensión de filamento y corriente de placa reducidas, la vida útil se incrementará proporcionalmente. En el caso de los cátodos filamentosos de tungsteno toriado, la relación entre corriente de filamento debe mantenerse a menos de cuatro miliamperes por watt para obtener una extensión de la vida útil. En el gráfico podemos observar que para una tensión de filamento igual a la nominal, la expectativa de duración de la válvula es ligeramente superior al 100% (100% 10.000 a 12.000 Hs.); si la tensión de filamento es cinco por ciento mayor que la nominal, podemos ver que la expectativa de vida se reduce aproximadamente a un 55% de la esperada (5.500 Hs. Aprox.), y por último, una tensión de filamento cinco por ciento menor que la nominal nos brinda una extensión de la vida útil de la válvula de aproximadamente 250% (22.500 Hs. aprox.). Con correcciones posteriores se puede lograr una extensión total de alrededor de 150 a 175% sobre la vida útil estimada de la válvula (25.000 Hs.). (Nótese en el gráfico que el mínimo valor porcentual de potencia disponible corresponde al 80%).



El valor óptimo de la tensión de filamento se obtiene reduciéndola lentamente desde su valor nominal hasta un nivel que provoque una caída de alrededor del dos por ciento de la potencia de RF, para luego incrementar la tensión de filamento hasta que la potencia de RF aumente un uno por ciento (aproximadamente).

Una válvula nueva debe ser operada inicialmente a tensión de filamento nominal durante unas doscientas horas (antes de efectuar el procedimiento descrito), para permitir que los getters se activen adecuadamente, absorbiendo los gases que pudiera haber en el interior de la válvula. Normalmente una válvula nueva desarrolla su máxima potencia con tensión de filamento reducida después de algún tiempo de funcionamiento.

A medida que pasa el tiempo, la tensión de filamento debe ser incrementada para mantener el valor óptimo de emisión hasta que el nivel de potencia no pueda ser mantenido con el valor de tensión de filamento nominal o incluso incrementándola por encima de este valor.

En este punto la vida útil de la válvula está próxima a su fin.

Por último, es recomendable realizar el recambio de la válvula antes de su agotamiento, ya que en caso de falla de la válvula nueva, la antigua puede utilizarse de repuesto.

CODIFICACION DE LAS VALVULAS EIMAC

Las válvulas de potencia poseen una codificación impuesta por el fabricante histórico de las mismas , EIMAC , para nuestro ejemplo utilizaremos una válvula común en transmisores de FM valvulares de entre 1,5 y 2,5 Kw , la 3CX1500A7 , cuya imagen puede observarse en el gráfico adjunto.

3	C	X	1500	A	7	/8281
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)

1	NRO DE ELECTRODOS	2	DIODO
		3	TRIODO ←
		4	TETRODO
		5	PENTODO
2 - 3	DESCRIPCION	C	AMPOLLA CERAMICA ←
		L	ANODO EXTERNO , REFRIGERACION POR CONVECCION LIQUIDA
		N	ANODO EXTERNO , REFRIGERACION POR CONVECCION NATURAL
		P	DISEÑADA ESPECIALMENTE PARA TECNICA DE IMPULSOS
		R	ANODO INTERNO , REFRIGERADO POR RADIACION
		S	ANODO EXTERNO , REFRIGERADO POR CONDUCCION
		V	ANODO EXTERNO REFRIGERADO POR VAPOR
		W	ANODO EXTERNO , REFRIGERADO POR AGUA
X	ANODO EXTERNO , REFRIGERADO POR AIRE FORZADO ←		
4	DISIPACION DE PLACA	En watts	
5	VERSION	Distingue a aquellas valvulas que aunque son similares (del mismo tipo) no necesariamente son de reemplazo directo entre si por diferencias eléctricas o mecanicas.	
6	FACTOR DE AMPLIFICACION	1	0 A 10
		2	11 A 20
		3	21 A 30
		4	31 A 50
		5	51 A 100
		6	101 A 200
		7	201 A 500 ←
		8	501 A 1000
7	CODIGO EIA (ELECTRONICS INDUSTRIES ASOCIATION) No siempre se indica		

Bibliografía

- Care and feeding of power grid tubes , eimac
- Tecnología , operación y mantenimiento de planta transmisora de AM , Ing. F. A. Argota Salinas , instituto superior de enseñanza radiofónica.
- Electrónica del vacío , Ing. Angel D. Tremosa , Marymar
- Nota de aplicación AB-18 Eimac
- sistemas de radio y TV , Gustavo Seminario



Gustavo Seminario
Mat. COPITEC N°: 1568
Mat. COMFER N°: 616