

DIVISOR DE VOLTAJE CAPACITIVO CON UN ANCHO DE BANDA DE 125 MHZ PARA EL ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO TEMPORAL DEL VOLTAJE EN UN LASER DE NITROGENO

L. Baly, M. R. Otazo y H. Lubian, Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear (CEADEN)

RESUMEN

En el presente trabajo se describe la construcción de un divisor capacitivo para la determinación de la evolución temporal del voltaje en un láser de nitrógeno. El divisor se planeó para tener un ancho de banda de 200 MHz y poder medir pulsos de voltaje de hasta 20 kV de amplitud. De la evaluación de las características del divisor se determinó que el ancho de banda real del mismo alcanza 125 MHz y un coeficiente de división de 4900. A pesar de que el ancho de banda real es inferior al planificado, por sus características puede ser empleado en la determinación de la evolución temporal del voltaje en un láser de nitrógeno.

ABSTRACT

Construction of a capacitive divisor for determining temporal evolution of nitrogen laser voltage is described. It was planned to have a bandwidth of 200 MHz and then measure voltage pulses up to 20 kV. There are differences between planned and real bandwidth values but it doesn't restringe its capabilities for doing the measurement of the voltage evolution.

1. INTRODUCCION

La determinación de la evolución temporal en los condensadores del láser es importante para el estudio de los mismos. A partir de las curvas de voltaje pueden ser calculadas la historia de la resistencia e inductancia de las descargas gaseosas en el láser [1,2,3]. Permite también correlacionar de forma más objetiva el funcionamiento con la eficiencia del láser. Para la comprensión más profunda de los procesos en el láser de nitrógeno es necesario correlacionar los resultados obtenidos con la dinámica del láser (voltaje, resistencia e inductancia). Esto justifica el desarrollo de un sistema que permita determinar, con suficiente precisión, la evolución temporal del voltaje en los láseres. La medición de la evolución temporal del voltaje en los láseres de nitrógeno debe resolver dos aspectos fundamentales: el primero, convertir la magnitud del voltaje característica de los láseres de nitrógeno (18-20 kV) a magnitudes asequibles para los instrumentos de medición (osciloscopios); el segundo, reproducir con fidelidad los procesos que por su naturaleza son rápidos y susceptibles de distorsión por ruidos electromagnéticos generados por las altas tensiones. Con tal propósito han sido desarrollados distintos dispositivos, entre los cuales se destacan los divisores de voltaje capacitivos y resistivos [4], y los cinturones de Rogowski [5]. En el presente trabajo se describe la construcción y caracterización de un divisor capacitivo para el estudio de la evolución temporal de un láser TEA de nitrógeno.

2. GENERALIDADES

A continuación se relacionan un grupo de fórmulas relacionadas con la fidelidad con que se puede reproducir una señal en dependencia del ancho de banda B del sistema. T es el tiempo de subida del sistema [6]

$$T_{\text{sistema}} = \frac{0.35}{B} \quad (2.1)$$

$$T_{\text{registro}} = \sqrt{T_{\text{señal}}^2 + T_{\text{sistema}}^2} \quad (2.2)$$

3. DIVISOR CAPACITIVO

El divisor de voltaje capacitivo es el dispositivo más apropiado para la determinación de la evolución temporal del voltaje en los condensadores del láser, por ser el de mayor ancho de banda, además de no recargar el sistema [4]. En la Figura 3.1 se muestra el esquema de un divisor capacitivo con capacidades concentradas.

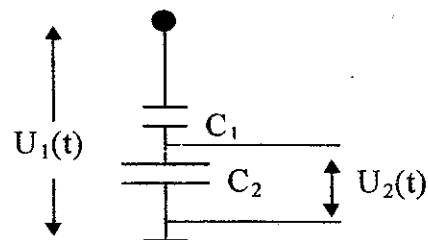


Figura 3.1. Divisor capacitivo de alto voltaje.

En el caso ideal la relación de atenuación se determina por la relación:

$$\frac{U_2}{U_1} = \frac{C_1}{C_1 + C_2} \quad (3.1)$$

Esta relación es válida hasta una frecuencia máxima f_{\max} dada por las condiciones [6]:

$$f_{\max}^2 \leq \frac{1}{100 \cdot (2\pi)^2 \cdot L_1 \cdot C_1} \quad (3.2)$$

$$f_{\max}^2 \leq \frac{1}{100 \cdot (2\pi)^2 \cdot L_2 \cdot C_2} \quad (3.3)$$

$$f_{\min} = \frac{1}{(2\pi) \cdot R_{\text{osc}} \cdot (C_2 + C_1)} \quad (3.4)$$

4. CONSTRUCCION

En la Figura 4.1 se muestra el esquema del divisor capacitivo. El divisor fue construido sobre la base de capacitores planos, utilizando como material dieléctrico Teflón. Los capacitores son independientes y están unidos por un cable de 3 cm de largo. El primer capacitor tiene una capacidad de 0.27 pF y el segundo 1320 pF lo que da una relación de atenuación de 4900.

De las ecuaciones 3.2 y 3.3 se puede apreciar que por lo general debe ser C_2 quien determine la frecuencia máxima, ya que los requerimientos hacia la inductancia se hacen mayores. Por tal motivo en la construcción de C_2 se prestó mucha atención para que la frecuencia máxima no sobrepasara los 200 MHz.

Este condensador fue construido con una lámina de Teflón de 80 micrones de espesor y láminas de aluminio adhesible. Para determinar la inductancia de este capacitor se utilizaron las expresiones para el capacitor plano:

$$L = \mu_0 \frac{a}{b} \text{ henrys/m} \quad C = \epsilon \epsilon_0 \frac{b}{a} \text{ farads/m} \quad (4.1)$$

donde: a es el grosor del dieléctrico y b el ancho del dieléctrico.

La sustitución de las fórmulas 4.1 en 3.3 da la siguiente expresión [7]:

$$f_{\max} \leq \frac{1}{20 \cdot \pi \cdot \sqrt{\mu_0 \epsilon \epsilon_0} \cdot l} \quad (4.2)$$

donde: l es el largo del capacitor visto como línea de transmisión. Para el caso del Teflón con $\epsilon_{\text{teflon}} = 2.1$, se determina que l no puede ser mayor que 13 mm si la frecuencia de corte es menor que 259 MHz. O sea, las dimensiones de C_2 pueden ser cualquiera pero su largo no puede ser mayor que

13 mm. En nuestro caso esto da que el ancho del capacitor es de aproximadamente 330 mm.

5. COMPROBACION DE LAS CARACTERISTICAS DEL DIVISOR

Para comprobar las características del divisor se montó un esquema sencillo. Dicho sistema consistía en un osciloscopio de 200 MHz de ancho de banda y un generador de pulsos, con el cual se simuló un pulso de 5V y 5 nseg. La comparación entre el pulso del generador y el pulso después de pasar por el divisor permitiría comprobar la relación de atenuación y determinar la deformación de la señal sufrida en el divisor. Los resultados de esta comparación se pueden observar en las Figuras 5.1 y 5.2 donde se muestran las dos señales reconstruidas a partir de varios puntos determinados en la pantalla del osciloscopio.

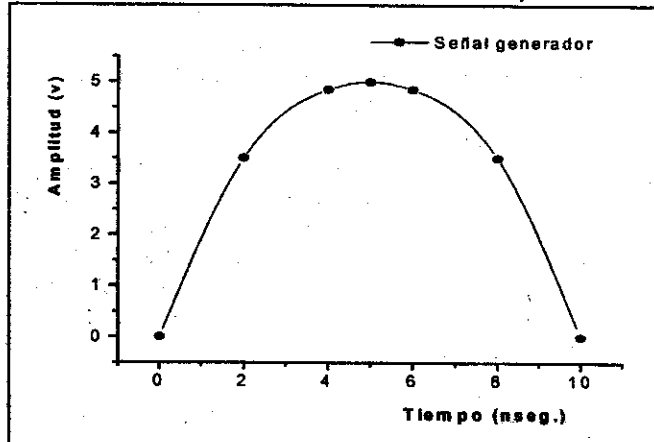


Figura 5.1. Forma del pulso del generador.

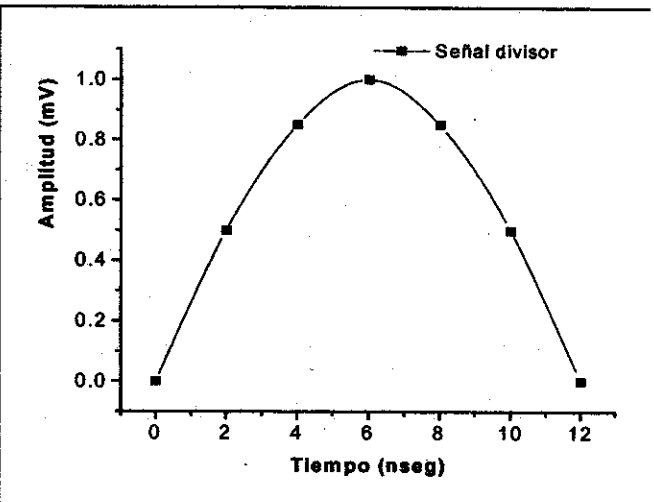


Figura 5.2. Forma del pulso del divisor de voltaje.

Como puede observarse, el divisor aumenta el tiempo de subida de la señal al menos en un nanosegundo. Teniendo en cuenta la relación 3.2 y 3.1 podemos calcular, dentro del margen de error de la determinación experimental del tiempo de subida de la forma del pulso del divisor:

$$T_{\text{sistema}} = \sqrt{T_{\text{registro}}^2 - T_{\text{señal}}^2 - T_{\text{osc}}^2}$$

$$T_{\text{sistema}} = \sqrt{36 - 25 - 3} = \sqrt{8} = 2.8 \text{ nseg.}$$

Por tanto el valor experimental obtenido del ancho de banda **B** es el siguiente:

$$B = 0.35/2.8 \text{ nseg} = 125.7 \text{ MHz.}$$

A pesar de que los valores experimentales no se corresponden con lo esperado, un ancho de banda de 125 MHz es suficiente para analizar la evolución temporal del láser. Por ejemplo, en casi la totalidad de los trabajos publicados recientemente se utiliza la punta divisora Tektronix P6015 de solo 75 MHz de ancho de banda.

En lo que respecta al coeficiente de división, este se corresponde con gran exactitud con el calculado. Esto se debe a que ambas capacidades fueron medidas con gran precisión.

Sobre la frecuencia mínima, vale señalar que la frecuencia mínima que se puede observar depende de la resistencia de entrada del osciloscopio. Sin embargo, dado que para observar procesos rápidos es necesario conservar el acople entre el cable

coaxial y la resistencia de entrada del osciloscopio es necesario poner un terminal de 50 Ohms a la entrada del osciloscopio. Esto reduce drásticamente las posibilidades de ver procesos lentos como la carga del capacitor producto de que la frecuencia mínima aumenta considerablemente.

En el futuro sería recomendable tratar de mejorar el ancho de banda mejorando el diseño a partir del análisis de las posibles causas de la disminución del ancho de banda.

6. CARACTERISTICAS

Finalmente, las características del divisor construido son las siguientes:

Coficiente de División: 4900

Ancho de Banda: 125 MHz.

CONCLUSIONES

Se obtuvo un divisor de voltaje que permite realizar mediciones en los láseres de nitrógeno. Este dispositivo permitirá realizar una serie de estudios en los láseres desarrollados en el centro, así como en otras instalaciones donde sea necesario la determinación de pulsos de alto voltaje.

REFERENCIAS

1. PERSEPHONICS, P.; V. GIANNETAS; A. IOANNOU and J. PATHENIOS (1995): *Jpn. J. Appl Phys*, 34, 36.
2. PERSEPHONICS, P.; A. IOANNOU; J. PATHENIOS; C. GEORGIADES and V. GIANNETAS (1998): *Appl. Phys B*, 66, 39.
3. PERSEPHONICS P.; K. VLASHOS; C. GEORGIADES and J. PATHENIOS (1992): *J. Appl. Phys* 71, 4755.
4. RIABOV, B.M. (1983): "Izmiriene Bicokij Impulsov Napriachenia", (en ruso) Leningrad. Energoatomizdat.
5. ROSA, J. de la, W.H. FONSECA; P.A. CALVA; R. LINARES and A. VAZQUEZ MARTINEZ (1994): *Meas. Sci and Technol.* 5, 1109.
6. SCHWAB, A. J. (1981): *Hochspannungsmess Technik*, Springer-Verlag, 66.
7. ROSA, J. de la (1990): *Acta Mexicana de Ciencia y Tecnología*, VII, 25-28, 141.