

# INDUCTOR SATURABLE COMO LLAVE DE CORTE TRANSITORIO DE TENSION PARA APLICACIONES EN CIRCUITOS DE EXCITACION DE LASERES.

J. Fochesatto, J. Niedbalski, E. Quel, C. Rosito y G. Santiago.

Centro de Investigación en Láser y Aplicaciones (CEILAP), Centro de Investigación Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas (CITFFA),  
Zufriategui 4380, 1603 Villa Martelli, Buenos Aires.

Un inductor saturable conformado con núcleos toroidales de ferrite fue estudiado experimentalmente para ser utilizado como llave de corte transitorio de pulsos de tensión, en un círculo avanzado de doble descarga para la excitación de láseres<sup>1,2</sup>. Es acoplado a una cámara de descarga a fin de simular las condiciones reales de operación, siendo el conjunto excitado con pulsos de 11 KV y 20 ns de tiempo de crecida, con tasas de repetición de hasta 30 Hz generados mediante un circuito del tipo de transferencia capacitiva.

Se realizaron mediciones de las evoluciones temporales de los pulsos de tensión y  $di/dt$ , del gradiente de tensión a través de su estructura, de las corrientes residuales de las descargas que llevan al inductor a la saturación en función del número de núcleos y una estimación de la permeabilidad de éstos, en saturación.

## I. CIRCUITO DE DESCARGA Y CONFIGURACION DEL INDUCTOR

En la Fig. 1, se muestra un diagrama esquemático del circuito empleado para el estudio.

Un banco de capacitores de  $C = 7.5 \text{ nF}$ , y la línea formadora de pulsos (LFP), constituida por tres cables coaxiales de 1.5 metros de longitud dispuestos en paralelo ( $Z_c = 12.7 \Omega$ ), conforman el arreglo de baja energía para producir pulsos de tensión con polaridad negativa, amplitud variable y bajo tiempo de crecida (20ns). La LFP es eléctricamente conectada a dos electrodos con distancia entre los mismos regulable, situados en la cámara estanca que simula la cabeza láser.

Uno de estos electrodos contiene interiormente un sistema de preionización UV basado en descargas corona [3], que es sincronizadamente excitado con el arribo del pulso de tensión, a fin de iniciar la descarga en un medio gaseoso (aire o nitrógeno) a presión atmosférica.

El inductor fue construido con núcleos toroidales de ferrite de permeabilidad relativa no saturada  $\mu_r^{Ns}(w=0) = 2000$  (n-27 de Siemens), de 9.5 mm. de radio interno, 17 mm. de radio exterior y  $0.89 \text{ Cm}^2$  de sección, insertados en un tubo de Cu de 220 mm. de longitud, uno de cuyos extremos es conectado al electrodo en la cámara y el otro a través de celdas electrolíticas de  $\text{CuSO}_4$  de resistencia total  $R_e = 15\Omega$ , a una línea plana (eléctricamente a tierra), que delimita la espira. Esta disposición permite modificaciones en su inductancia geométrica mediante el agregado de nuevos conductores tubulares en paralelo.

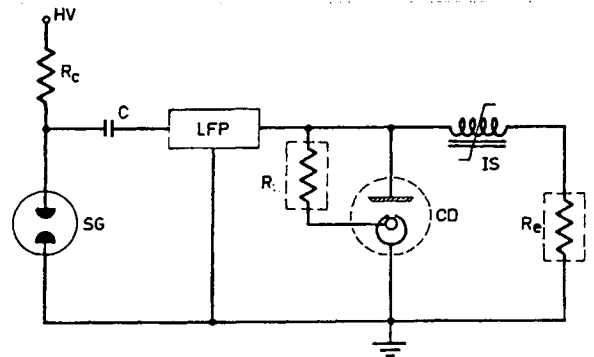


Fig. 1: Diagrama esquemático del circuito de descarga con inductor saturable.

## II. MEDICIONES Y RESULTADOS

La inductancia geométrica de la espira fue determinada a partir del período de oscilación del circuito LC resultante al reemplazar las resistencias  $R_e$  por un pequeño banco de capacitores de 4nF cargando a 12KV, y descargado en la cámara espontáneamente. En la Fig. 2, se muestran los valores correspondientes a uno, dos y tres conductores tubulares separados una distancia igual al diámetro exterior de los núcleos y dispuestos sobre la línea plana aproximadamente 10 mm. Como comparación en la misma gráfica, se representan los correspondientes a las inductancias geométricas de uno, dos y tres conductores con retorno coaxial ( $D_i=15 \text{ mm.}$ ,  $D_e=38 \text{ mm.}$ ), de la misma longitud y dispuestos en paralelo, que permiten alojar núcleos de dimensiones mencionadas.

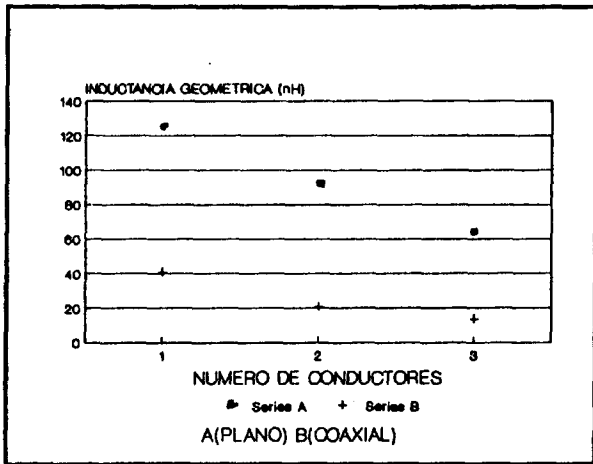


Fig. 2: Inductancias geométricas en función del número de conductores.

Las experiencias para determinar la magnitud del corte de tensión se realizaron fijando la distancia interelectródica en la cámara en función de la amplitud máxima de los pulsos (11 KV), con el inductor sin núcleos, para que la descarga no tenga lugar, aún con preionización.

La Fig. 3, muestra los pulsos característicos de tensión y di/dt, tomados en las condiciones mencionadas arriba a través de una sonda capacitiva y una bobina de Rogowski, respectivamente, y registrados mediante un digitalizador HP 54500 A.

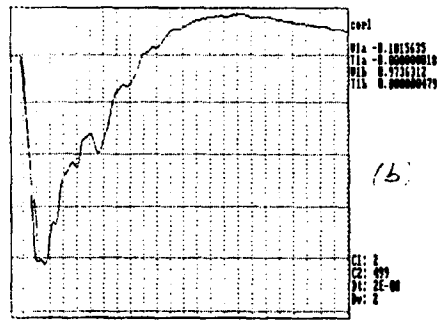
Con la inserción de núcleos, la barrera de alta impedancia que presenta inicialmente el inductor en condición de no saturación al pulso de tensión aplicado, produce un incremento en la amplitud del mismo que, en sincronismo con la descarga corona, inicia la ruptura del medio gaseoso.

En la Fig. 4, se muestran pulsos de tensión medidos en ambos extremos del inductor (con descarga en la cámara), en la que se aprecia la reducción de la amplitud



0.76 KV/div, 20 ns/div.

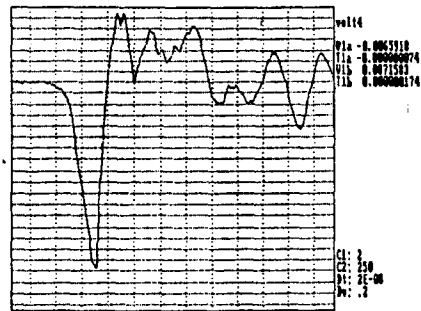
(a)



0.565 KA/div, 20 ns/div.

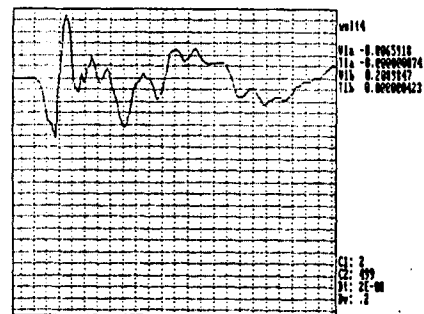
(b)

Fig. 3: Pulsos de tensión (a) y di/dt (b) con inductor sin núcleo y sin descarga en cámara.



0.76 KV/div, 20 ns/div

(a)



0.76 KV/div, 20 ns/div

(b)

Fig. 4: Pulsos de tensión en ambos extremos de inductor con núcleos y con descarga en cámara.

Esta reducción es representada porcentualmente en función del número de núcleos para  $L_1 = 124$  nH (un sólo conductor), en la Fig. 5.

Las corrientes residuales de las descargas que llevan la permeabilidad de los núcleos a la saturación en función del número de éstos se muestran en la Fig. 6, para el mismo valor de inductancia geométrica.

Comparaciones realizadas utilizando ferrites de  $\mu_r^{N_s}(w=0) = 4300$  y  $\mu_r^{N_s}(w=0) = 6430$ , muestran comportamientos similares a los mencionados.

(a)

El circuito fue operado en forma repetitiva hasta una frecuencia máxima de 30 Hz, verificándose el corte de tensión; entre descarga y descarga los núcleos son llevados hacia la no saturación por el campo magnético asociado a la corriente inversa a través de Re durante la carga de C (Fig. 1).

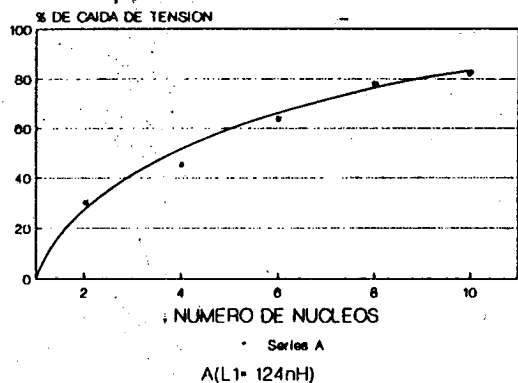


Fig. 5: Reducción de la amplitud de tensión vs. número de núcleos.

La permeabilidad relativa en saturación  $\mu_r^s$  fue estimada mediante una experiencia independiente, empleando una circuito RLC (con L variable), midiendo los tiempos de descarga (T) del capacitor  $C=12$  nF a través de una espira sin núcleos de inductancia  $L_{sn} = 71$  nH, y con 10 núcleos de inductancia  $L_{cn}$  previamente saturados. Ambas vienen relacionadas con sus respectivos tiempos  $T_{sn} = 47$  ns y  $T_{cn} = 58$  ns por:  $L_{cn} = (T_{cn}/T_{sn})L_{sn} = 87.6$  nH.

Utilizando  $L_{cn} = \mu_0 \cdot \mu_r^s \cdot A / l$ , donde  $A = 91 \cdot 10^{-5}$  m<sup>2</sup> es el área transversal del total de núcleos y  $l = 8.16 \cdot 10^{-2}$  m, la longitud media de la trayectoria del campo magnético concatenado en éstos, se obtiene  $\mu_r^s \cong 6.3$ .

### III. CONCLUSIONES

Este estudio permite establecer que inductores

saturables de una espira, conformados con núcleos de ferrite comercialmente disponibles, resultan adecuados como llave de corte de pulsos rápidos de alta tensión (20 ns de tiempo de crecida), siendo llevados con relativas bajas corrientes a la saturación con  $\mu_r^s \cong 6.3$ .

El número de estos núcleos, necesarios para el corte de una dada amplitud depende de la inductancia asociada con la espira, cuyo valor puede elegirse de acuerdo con las posibles configuraciones geométricas (Fig. 2).

Estas llaves están siendo utilizadas en un circuito prototipo de doble descarga, similar al mostrado en la Fig. 1, donde la resistencia Re es reemplazada por un banco de capacitores o una línea formadora de pulsos, para la excitación de láseres de excimeros.

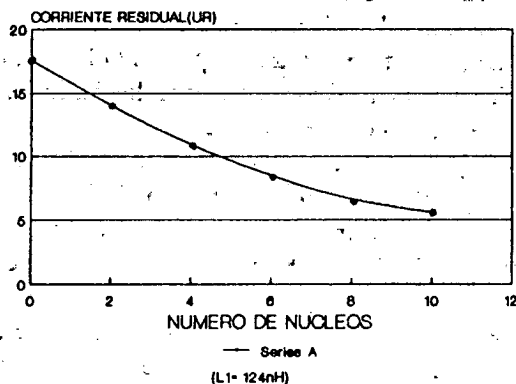


Fig. 6: Corrientes residuales vs. número de núcleos.

### REFERENCIAS

1. J. Hueber, B. Fontaine, Ph. Delaporte, B. Forestier and M. Setis; Optics Comm. **85** (1991).
2. S. Efimovskii, A. Zhigalkin, Yu. Karev and S. Kurbasov; Sov. J. Quantum Electron. **21** (12), Dec. 1991.
- 3.- R. Gratton, S. Mangioni and J Niedbalski, J. Phys. D: Appl. Phys. (1991).