



## Estudio experimental de varistores conectados en paralelo para uso en redes de baja tensión hasta 230V

### Experimental study of varistors connected in parallel for use in low voltage system up to 230 V.

Johan Sebastián Guzmán Torres<sup>1</sup>, Félix Andrés Velandia Aguirre<sup>2</sup>,  
Henry Felipe Ibáñez Olaya<sup>3</sup>

**Fecha de recepción:** Agosto 28 de 2015

**Fecha de aceptación:** Septiembre 25 de 2015

**Como citar:** Guzmán, J., Velandia, F., & Ibáñez, H. (2015). Estudio experimental de varistores conectados en paralelo para uso en redes de baja tensión hasta 230V. Revista Tecnura, 19 (CITIE), 164-169. doi: <http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.ICE.a19>

#### Resumen

El presente artículo presenta un estudio experimental del comportamiento de la corriente que fluye por tres varistores conectados en paralelo y la energía que cada uno de ellos disipa. Para llevar a cabo el trabajo experimental, se realiza medición del coeficiente de no linealidad,  $\alpha$ , de cada varistor, y el arreglo de tres varistores, de idénticas características técnicas, conectados en paralelo son sometidos a descargas de corriente de impulso tipo 8/20  $\mu$ s, 5 kA de corriente pico. Los resultados como el análisis de los mismos son presentados en el artículo.

**Palabras claves:** Descarga eléctrica atmosférica, varistor, corriente tipo impulso, coeficiente de no linealidad.

#### Abstract

This paper shows an experimental study about the behavior of the impulse current through three varistors connected in parallel and the energy dissipated by each one. To carry out the experimental work, the measurement of the non-linearity coefficient and the impulse current by each one of them are done. The current is type current impulse 8/20 s, 5 kA peak current. The results and the analysis are presented in the article.

**Keywords:** Lightning, varistor, Impulse current, non-linearity coefficient.

<sup>1</sup> Tecnólogo en Electricidad, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia. Contact: [favelandiaa@correo.udistrital.edu.co](mailto:favelandiaa@correo.udistrital.edu.co).

<sup>2</sup> Ingeniero Electricista, Máster en Ingeniería Eléctrica, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia. Contact: [hfibanezo@udistrital.edu.co](mailto:hfibanezo@udistrital.edu.co).

<sup>3</sup> Tecnólogo en Electricidad, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá D.C., Colombia. Contact: [jsguzmant@correo.udistrital.edu.co](mailto:jsguzmant@correo.udistrital.edu.co).

## INTRODUCCIÓN

Las sobretensiones son fenómenos transitorios que someten a las redes (eléctricas, telecomunicaciones entre otras) a una tensión mucho mayor que su tensión nominal en tiempos muy cortos, del orden de milisegundos o menores, pudiendo ocasionar daño total o deterioro de la instalación eléctrica y equipos conectados, sin olvidar el evidente riesgo eléctrico que implica para la integridad de la vida humana o seres vivos que puedan verse afectados. La principal causa de sobretensiones transitorias son las descargas atmosféricas o rayos. Existen dispositivos de protección diseñados para proteger las instalaciones y equipos eléctricos de las sobretensiones como los son los descargadores de sobretensión o varistores de óxido de zinc, que se conectan entre una fase y tierra, generalmente, en paralelo con el equipo a proteger. En el presente artículo se muestra el estudio realizado en laboratorio para determinar la distribución de corriente entre tres varistores conectados en paralelo para redes eléctricas de hasta 230 V cuando operan ante una señal de corriente de una descarga eléctrica atmosférica, teniendo en cuenta el comportamiento no lineal del material con el cual son construidos los varistores.

La figura 1 muestra la curva de comportamiento de dos varistores (SPD's) conectados en paralelo con el fin de manejar mayor corriente de descarga y proteger una instalación eléctrica contra sobretensiones. Se pueden distinguir dos zonas de trabajo, la zona A y la zona B, siendo esta última la zona donde operan los varistores cuando disipan una corriente de impulso de una descarga eléctrica o la asociada a una sobretensión eléctrica. De acuerdo a la característica V-I del varistor no se puede asegurar que la corriente total será dividida entre el número de varistores conectados, ya que aunque las especificaciones técnicas correspondan a los mismos dispositivos de protección, su comportamiento no lineal V-I puede variar de uno a otro, trayendo consigo una distribución de corriente desigual, como la mostrada en la figura 1. En la zona

no lineal, región de operación normal o TOV (sobretensión temporal), el dispositivo consume una gran cantidad de corriente con un pequeño incremento de tensión. El grado de no-linealidad lo determina la parte plana de la región no lineal en el diagrama logarítmico de acuerdo a la ecuación (1).

$$I = K V^\alpha \quad (1)$$

donde  $\alpha$  es el coeficiente de no linealidad el cual caracteriza la región no lineal de la curva V-I del varistor, el cual se puede hallar tomando parejas de valores  $V_1, I_1$  y  $V_2, I_2$  de la curva característica V-I, mediante la ecuación (2).

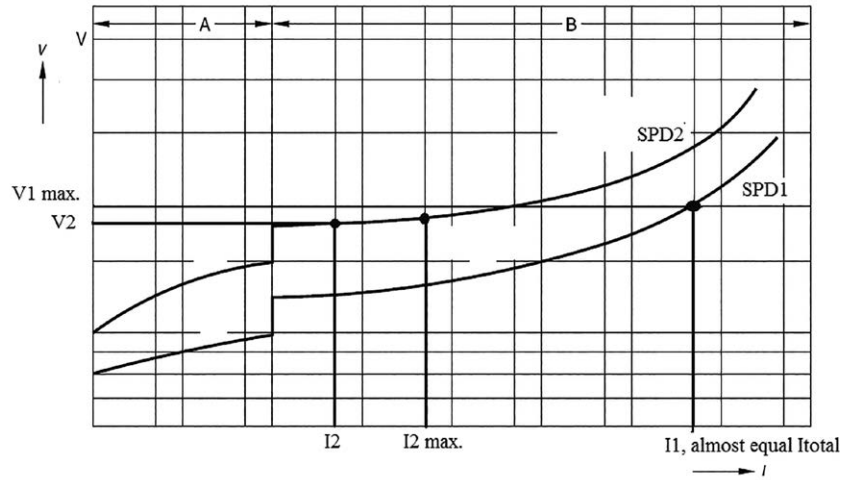
$$\alpha = \frac{\log I_2 - \log I_1}{\log V_2 - \log V_1} \quad (2)$$

siendo K = constante del material y V voltaje en las terminales del varistor [4].

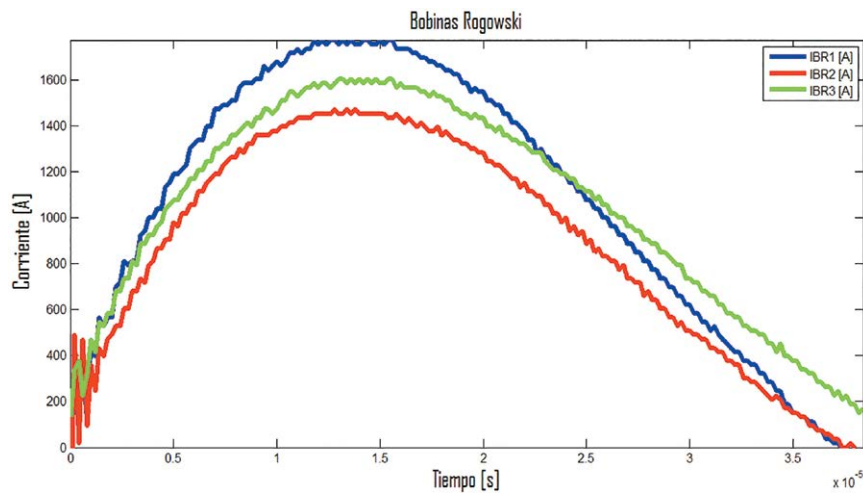
Los ensayos y medidas realizadas en laboratorio son con el fin de observar qué tan dispersas son las corrientes que fluirán por el arreglo de tres varistores de 230 V conectados en paralelo, de las mismas especificaciones técnicas. Para el estudio se realizará mediciones del coeficiente de no linealidad  $\alpha$  de los varistores y valores máximos de corrientes de impulso tipo rayo, con un valor pico de 5 kA, 8/20  $\mu$ s según los parámetros establecidos en la norma IEEE Std-4 de 1995, por cada uno de los varistores conectados en paralelo.

## PRUEBAS DE LABORATORIO

Los varistores escogidos a someter a la prueba son de la compañía Maida con sede en Virginia, U.S.A., para tensiones de 230V con especificaciones técnicas dadas en Maida Development Company, Zinc Oxide Varistors. Cada varistor es etiquetado para su fácil reconocimiento tanto en las pruebas con la fuente de corriente para probar varistores como las que se realizan con el Generador de Impulsos de Corriente (GIC) a la señal tipo impulso 8/20  $\mu$ s referenciadas en el presente artículo.



**Figura 1.** Característica V-I de dos varistores conectados en paralelo (IBÁÑEZ, H., AVENDAÑO, C., ORTIZ H.2006).



**Figura 2.** Gráfica V- I de varistores de 230 V marcados como 1,2 y 3.

**Fuente:** Elaboración propia

La figura 2 muestra la curva V-I de los varistores en la parte inicial de la zona de trabajo de estos, donde el valor de coeficiente de no linealidad  $\alpha$  se muestra en la tabla 1 hallados con la ecuación (2) tomando como base los valores de corriente de referencia o de 1 mA y una corriente de 2 mA. Los valores de voltaje son los que se obtienen para los puntos de corriente anteriores, constituyéndose el punto de valor de tensión de referencia o de valor de tensión que se presenta cuando fluye la

corriente de referencia por el varistor, un indicativo de comparación de las curvas V-I de los varistores. Lo anterior significa que la curva del varistor que presente mayor tensión a un valor de corriente de 1 mA estará por arriba de otra curva cuyo valor de tensión sea inferior. La tabla 2 muestra las variaciones de las tensiones de referencia respecto a las presentadas por catálogo de fabricante.

La figura 3 muestra la distribución de la corriente de impulso por cada varistor, siendo IBR1, IBR2

**Tabla 1.** Cálculo  $\alpha$  y promedio para varistores 230 V

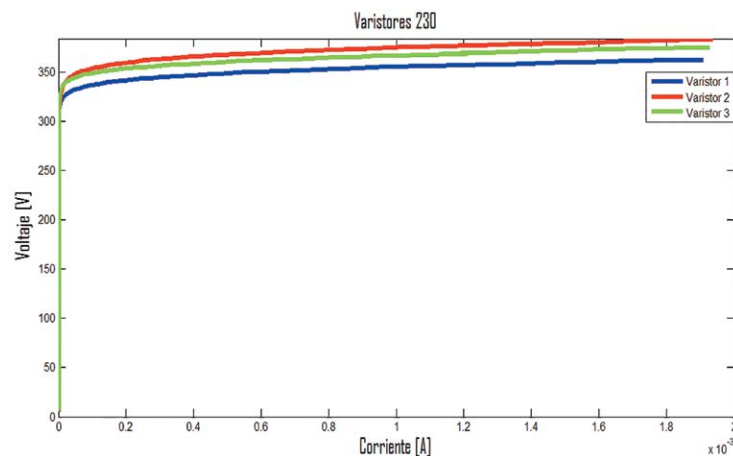
COEFICIENTE $\alpha$ VARISTOR 230V				
Varistor	prueba1 [ $\alpha$ ]	prueba2 [ $\alpha$ ]	prueba3 [ $\alpha$ ]	Promedio [ $\alpha$ ]
1	27	31	30	29
2	28	30	27	28
3	27	25	30	27

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 2.** Tabla toleranciade varistores respecto a catálogo

Tolerancia de varistores 230V respecto a catálogo				
Varistor	Tensión [V.D.C.]	r Vcatálogo [V]	P.U	%
Catálogo	361	Vcat.	Vcat.	Vcat
2	375.1	14.1	0.039	3.9
3	367.6	6.6	0.018	1.8
1	355.8	-5.2	-0.014	-1.4

Fuente: Elaboración propia



**Figura 3.** Magnitud de corriente que atraviesa cada varistor.

Fuente: Elaboración propia

e IBR3 las corrientes que fluyen por el varistor 1, varistor 2 y varistor 3, donde se puede apreciar que el varistor 2, cuya curva en la figura 2 es la superior y en la figura 3 es la inferior, toma menor corriente debido a su característica V-I más alta con respecto a los otros dos varistores; situación contraria a la que ocurre con el varistor 1 cuyo comportamiento

ante el impulso de corriente indica que es el que asume mayor corriente de los tres varistores conectados en paralelo, curva superior en la figura 3, y cuyo comportamiento V-I presentado en la figura 2, es el comportamiento inferior. Lo anterior se puede relacionar también con los datos de la tabla 2 donde el varistor 1 presenta el menor valor

**Tabla 3.** Distribución de corriente por varistor.

<b>Distribución de Corrientes.</b>				
	<b>I<sub>Total</sub> Max[A]</b>	<b>IBR1 Max</b>	<b>IBR2 Max</b>	<b>IBR3 Max</b>
Prueba No.1	4868	1811A	1491A	1566A
Prueba No.2	4830	1774A	1472A	1604A
Promedio	4849	1792A	1481A	1585A
Prueba No.1 % Corrientes		37.2%	30.6%	32.2%
Prueba No.2 % Corrientes		36.7%	30.5%	33.2%
Promedio		37.0%	30.5%	32.7%

**Fuente:** Elaboración propia

**Tabla 3.** Cálculo de energía disipada por varistor.

<b>Cálculo de disipación y porcentaje de energía</b>				
	<b>Energía Total[J]</b>	<b>Energía varistor 1</b>	<b>Energía varistor 2</b>	<b>Energía varistor 3</b>
Prueba No.1	44.6	16.3J	13.6J	14.7J
Prueba No.2	44.3	16.0J	13.2J	15.1J
Promedio	44.5	16.2J	13.4J	14.9J
Prueba No.1 % Energía		36.6%	30.5%	32.9%
Prueba No.2 % Energía		36.1%	29.8%	34.1%
Promedio		36.4%	30.1%	33.5%

**Fuente:** Elaboración propia

de tensión de referencia, de 355.8 V, y es el que toma mayor corriente; contrario a lo que sucede con el varistor 2 que es el que cuenta con mayor tensión de referencia de 375.1 V y toma la menor corriente.

En la tabla 3 se muestra los valores máximos o picos de corriente que fluyen por cada varistor.

Los datos presentados en la tabla 3 son coincidentes con los cálculos de energía que cada uno de los varistores maneja cuando operan, calculada con la ecuación (3) y que se muestran en la tabla 3. Se puede apreciar que el varistor 1 es el que más energía disipa, con un valor de 16.2 J, y el varistor 2 el que menor energía disipa con un valor de 13.4 J.

$$W = \sum_{i=1}^n P(t) \times \Delta t \text{ J} \quad (3)$$

## CONCLUSIONES

Las pruebas de varistores conectados en paralelo de óxido de zinc (ZnO) sometidos a un impulso tipo rayo 8/20µs con corriente pico de 5kA indica que la curva V-I predice de manera acertada la distribución de corrientes y disipación de energía, presentando como característica que en las pruebas si la tolerancia  $rV\%$  es negativa, o la menor entre los varistores sometidos a prueba, asume la mayor corriente eléctrica y disipa la mayor cantidad de energía.

Los varistores conectados en paralelos ofrecen mayor eficiencia para protección de equipos y redes eléctricas que un solo varistor, ya que en conjunto manejan mayor disipación de energía.

Prueba de ello es el varistor que presenta el mayor porcentaje en distribución de corriente de 37.2% a una corriente máxima de 4868 A y la disipación de energía en 36.6% frente a una onda tipo impulso 8/20  $\mu$ s, de acuerdo a esto es probable aumentar la corriente máxima sin que los varistores sufran degradación y disminuir sus posibilidades de falla.

Los datos de fabricantes respecto a los datos obtenidos con la fuente de corriente para probar varistores muestran un rango de tolerancia desde -1.4% hasta 3.9%, lo cual indicado que los varistores probados se encuentran entre los rangos presentados por el fabricante con  $\pm 10\%$ .

## FINANCIAMIENTO

Distrital Francisco José de Caldas

## REFERENCIAS

IBÁÑEZ, Henry. AVENDAÑO, Carlos. ORTIZ, Helmuth. Design of SPDs class I for low voltage electric systems, using combination of metal oxide varistors. En: Grupo de Investigación en Protecciones Eléctricas de la Universidad Distrital "Francisco José de Caldas" GIPUD. 2006.

IEEE Std 4-1995. IEEE Standard techniques for high-voltage testing. New York. USA:1995,p32

Maida Development Company. Zinc Oxide Varistors. En: Maida.[En\_línea].(2003).[http://www.maida.com/assets/docs/literature/Maida\\_Catalog\\_Specifications3182011.pdf](http://www.maida.com/assets/docs/literature/Maida_Catalog_Specifications3182011.pdf)

CASTAÑEDA, Jairo. SANABRIA, Mauricio. BAUTISTA, Jhon.ROJAS,Wilson. Diseño y construcción de un Generador de impulsos de corriente 8/20[ $\mu$ s]. Bogotá, 2008,68 h. Trabajo de grado (Tecnólogo en Electricidad e Ingeniero en Distribución y Redes Eléctricas). Universidad Distrital "Francisco José De Caldas". Facultad Tecnológica.

ALVAO ZARATE, José David. GOMEZ SATOBA, David Arturo. Diseño y construcción de una fuente de corriente para prueba de varistores de ZnO de hasta 230 [V]. Bogotá, 2012,17 h. Trabajo de grado (Tecnólogo en Electricidad). Universidad Distrital "Francisco José De Caldas". Facultad Tecnológica.

DAURA, Francesc. Protección contra descargas atmosféricas y otras sobretensiones. En: BALCELLS, Josep. Interferencias Electromagnéticas en Sistemas Electrónicos. Barcelona: España. P.197-228.