

# Referencia de Voltaje para Supresores

Preparado Por:  
Jonathan Woodworth  
Ingeniero Consultor

ArresterWorks  
Junio 2011

# Referencia de Voltaje para Supresores

## Introducción

Desde la perspectiva de un diseñador de supresor, la tensión de referencia de un supresor es quizás la característica más importante acerca del supresor para entender. Aunque no es necesaria para la usuario ocasional para tener una comprensión completa de la tensión de referencia de un descargador, es una importante característica de entender para quienes modifican supresores.

También cualquier persona interesada en hacer el análisis forense de los supresores debería tener una buena idea de lo que esta característica fundamental puede revelar. En el futuro, la tensión de referencia desempeñará un papel más importante en las pruebas de energía para supresores. Las próximas ediciones de las normas IEC 60099-4 y IEEE C62.11 especifican criterios de pasa/no pasa, basados en el cambio en la característica de referencia de voltaje antes y después de la prueba de verificación de resistencia de impulso.

## Definiciones

Las definiciones de IEC y IEEE son las mismas.

### Referencia de Voltaje ( $V_{ref}$ ) ( $U_{ref}$ ):

El valor de pico más bajo independiente de la polaridad de la tensión a frecuencia, dividida por la raíz cuadrada de 2, necesario para producir un componente resistivo de corriente igual a la corriente de referencia del supresor o del elemento supresor. El voltaje de referencia de un supresor de unidades múltiples es la suma del voltaje de referencia de las unidades de la serie. El nivel de voltaje será especificado por el fabricante.

### Referencia de Corriente ( $I_{ref}$ ):

Es el valor de pico del componente resistivo de una corriente de potencia-frecuencia lo suficientemente alta para hacer rechazables los efectos de la pérdida de capacitancia del supresor. Este nivel de corriente será especificado por el fabricante.

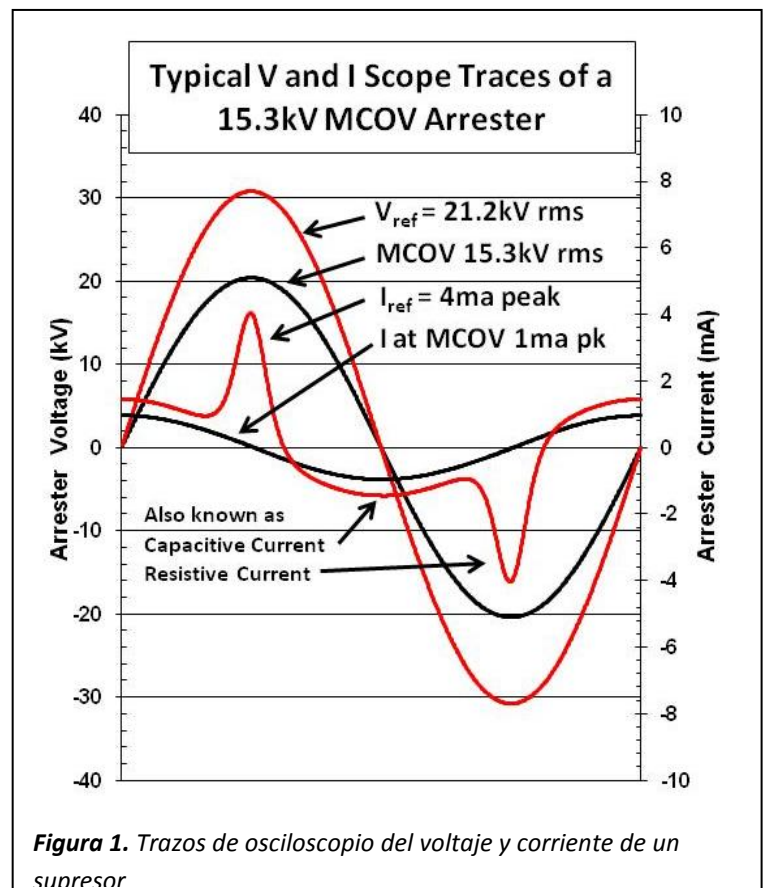
**NOTA:** Dependiendo del diseño, la corriente de referencia esta típicamente en el intervalo de 0,05 mA a 1,0 mA por cm. cuadrado de área de disco.

**Corriente Resistiva AC:** La corriente que fluye a través de un varistor que está en fase con el voltaje. La corriente dominante por encima del centro de la curva VI.

**Corriente Capacitiva AC:** La corriente que fluye a través del varistor con una amplitud de pico de 90 grados del voltaje del pico. Esta es la corriente dominante por debajo del centro de la curva VI.

## Antecedentes

No está claro de dónde vino el término voltaje de referencia, pero aparece ya en 1991 en el primer supresor IEC MOV estándar. En el 1976 en el Manual de Supresión de Tensión Transitoria de GE, los términos  $V_x$  y  $I_x$  son discutidos y tienen esencialmente la misma definición de  $V_{ref}$  y  $I_{ref}$ . Otro termino que es similar a  $V_{ref}$  is  $V_{1ma}$ . Donde  $V_{1ma}$  es el voltaje desarrollado a través de los terminales de un varistor cuando 1ma/cm<sup>2</sup> DC es forzado a través de un supresor.



En todos los casos, el propósito de esta medición de la tensión es la misma, cuantificar el punto de curva VI del varistor donde la conducción significativa comienza en serio, sin efecto de las corrientes de capacitancia o de fuga. El término voltaje de referencia es muy apropiado, porque esta medida se puede utilizar para determinar todas las demás características de voltaje-corriente de un supresor.

## La Curva VI del Supresor

Un varistor es una resistencia variable con su resistencia controlada por la tensión de voltaje impresa a través del dispositivo. El varistor y la Curva Característica de Voltaje-Corriente es la forma fundamental y sencilla de mostrar cómo la cambia la resistencia a manera una función del Voltaje. Esta curva característica se utiliza de muchas maneras, y usa en gran medida para entender y predecir el comportamiento de un supresor. La Figura 2 es una curva VI típico de un supresor de 15kV MCOV. Una vez que una curva VI se determina para un disco varistor, los datos pueden ser utilizados para predecir las características completas de los supresores.

Las Curvas VI a menudo muestran solamente una polaridad de la curva de la conducción de un varistor como lo hace el de la Figura 2. Los varistores son dispositivos bidireccionales, y la curva característica en la dirección negativa es idéntica para los nuevos varistores no impulsados.

También es importante entender que la curva representa la tensión absoluta característica de corriente, independientemente de la frecuencia. Si se aplica una tensión de DC en el varistor con esta curva característica, la corriente resultante será igual a un impulso con una tensión de pico igual al voltaje de DC. Las señales de prueba utilizadas para crear esta curva son generalmente 50 o 60 Hz por debajo de un amp. y de impulso por encima de un amp.

Algunos puntos importantes de la curva VI se llaman en la Figura 2. Estos puntos se describen con más detalle aquí:

1. **Rango de Operación:** Esta es la región de una característica VI en la que el varistor pasa su vida entera. La conducción en esta región es muy cercana a cero con una corriente mínima fuga solamente, que fluye a través del dispositivo. Esta región es sensible a la temperatura y cuando la temperatura del dispositivo aumenta, la conducción se incrementa en el mismo voltaje. En otras palabras, la resistencia disminuye en esta región cuando la temperatura del dispositivo aumenta.
2. **Pico MCOV:** Este muestra la tensión máxima de voltaje alcanzada durante la operación normal. MCOV suele especificarse en términos de RMS, valor sin sentido en una curva VI ya que el varistor reacciona a la tensión absoluta solamente. Este nivel de pico está en el rango de 70-85% de los Vref del supresor.

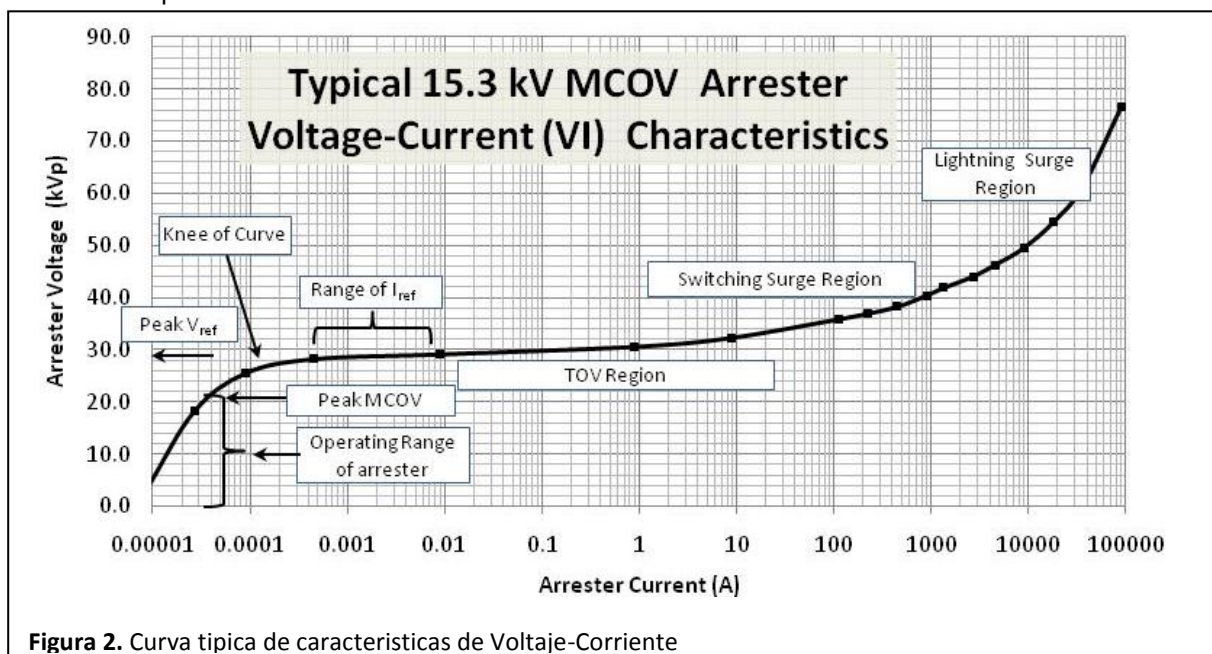


Figura 2. Curva típica de características de Voltaje-Corriente

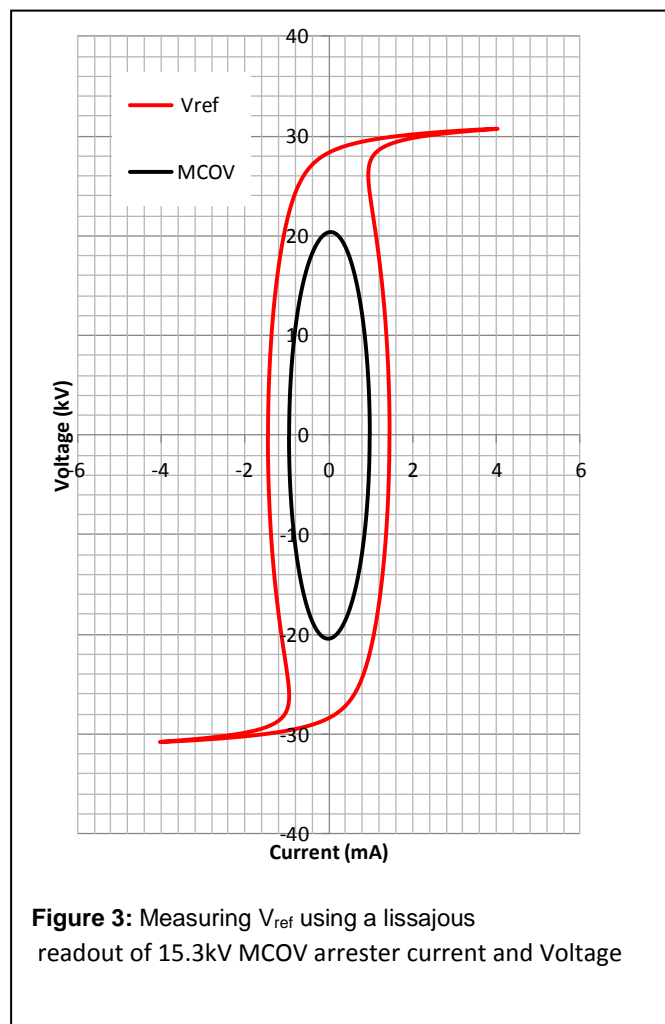
3. **Centro de la curva:** Este es un término vagamente usado y describe aproximadamente la región de esfuerzo de voltaje, donde las vías de conducción a través del varistor cambian rápidamente de la región de funcionamiento o la fuga a la región de conducción. En una escala logarítmica lineal como se muestra en la Figura 2, aparece como centro de la curva
4. **V<sub>ref</sub>-I<sub>ref</sub>:** La región V<sub>ref</sub> se encuentra justo por encima de la knee of the curve. Esta es también la región de conducción donde hay más flujo de corriente a través de las fibras de óxido de zinc y uniones que a través de los recorridos de conducción de corriente de fuga. Aquí la corriente resistiva domina el flujo de corriente y el flujo de corriente capacitiva no está dominandola. En la Figura 1 aparece una mejor visión de las corrientes resistiva y capacitiva. Esta región no se ha fijado en un nivel de corriente específica, para permitir al fabricante escoger el nivel de corriente que mejor se adapte a su diseño. La tensión en esta región cambia muy poco con grandes cambios de corriente. Aquí es donde el comportamiento no lineal del varistor se vuelve evidente. En esta región de la curva VI, el varistor se está disipando una potencia considerable y no se considera una operación a largo plazo.
5. **TOV:** La sección de sobretensión temporal comienza justo por encima de la centro de la curva y, de hecho, incluye el punto V<sub>ref</sub>. It can extend up to 10s of amps. No hay un extremo superior generalmente definido de esta región. Durante un evento TOV tales como un aumento de tensión en una fase sin falla de un sistema de energía, el nivel de tensión es a menudo lo suficientemente alta en amplitud para provocar estos niveles de flujo de corriente. Durante la conducción en esta región, el varistor se está calentando rápidamente, ya que hay una considerable disipación de energía que tienen lugar que está más allá del estado normal.
6. **Sobretensión de Conmutacion y Rayo:** Por estas dos regiones, el varistor está en gran conducción. Este tipo de conducción se produce únicamente en forma de impulso y la duración de las sobretensiones son de milisegundos al final sobretensiones de conmutación, a unos pocos microsegundos en las regiones de corriente más altas. La característica VI es muy insensible a la temperatura en esta región. Parece haber un ligero efecto de frecuencia en esta región de la curva.

## Metodos de Medición

### Medición Precisa

Una medición de V<sub>ref</sub> se lleva a cabo normalmente en unos pocos segundos. Si la medición tarda demasiado tiempo, la temperatura del dispositivo puede alcanzar niveles dañinos para el material de varistor. Si una medición V<sub>ref</sub> tomara 10 minutos, el equipo de pruebas seguramente no sea capaz de mantener el nivel de voltaje y el varistor sin duda resultaría en un modo de falla.

El medio más común de medición de V<sub>ref</sub>, es aplicar un voltaje de CA a través del varistor mientras monitorea la corriente. La tensión de CA rms a través de la muestra que resulta en una conducción del corriente pico a través de la muestra igual a I<sub>ref</sub> deseada, se toma entonces como V<sub>ref</sub>. Este procedimiento se puede realizar con la mano



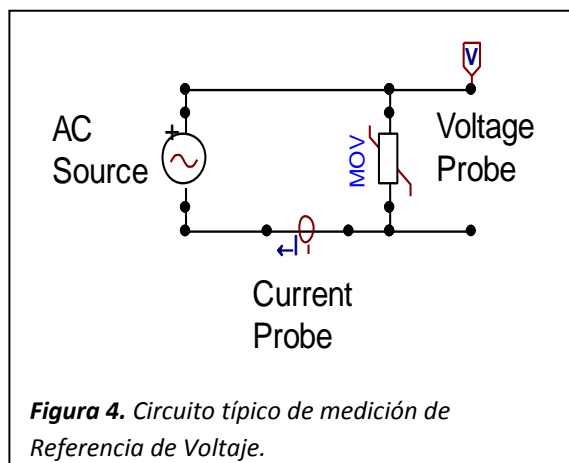
mientras se monitorea un lente o el medidor digital de respuesta rápida. Se puede hacer de forma automática mediante un equipo adecuadamente calibrado y configurado. En cualquier caso, la tensión y la corriente se miden simultáneamente para lograr la medición.

Para obtener óptimos resultados de las pruebas, la fuente de alimentación debe ser lo suficientemente fuerte para producir 5-10mA sin distorsión significativa de voltaje a forma de onda. Cuando se miden las  $V_{ref}$ , las formas de onda deben ser similares a los vistos en Figuras 3 y 1. La lectura como se muestra en la Figura 3 tiene la ventaja de mostrar claramente el pico de corriente de referencia en la medición de  $V_{ref}$ .

Es importante que la corriente resistiva se al menos visible y medible y no dominada por la corriente capacitiva como lo es en MCOV.

### Mediciones No-precisas

Cuando no se cuenta con una fuerte fuente de AC para una medición  $V_{ref}$ , una fuente débil puede proporcionar buenos resultados. Un ejemplo de fuente débil sería una prueba típica CA de High-Pot. Estos dispositivos tienen corrientes disponibles en el rango de 1-10 mA máximo pero con una distorsión de ola significativa a ese nivel. Y sin embargo tienen excelentes sensores de disparo de corriente junto con medidores integrados de voltaje y de corriente. Si el sensor de punta de corriente se ajusta alrededor de 1 mA, se puede utilizar para detectar cuando la tensión de supresor ha alcanzado  $V_{ref}$  al disparar cuando alcanza la conducción.



### Consideraciones de Producción de Pruebas

Según IEC 60099-4, pruebas de rutina para supresor deben incluir la medición de  $V_{ref}$ . La cita dice lo siguiente:

“El voltaje de referencia de cada supresor se medirá por el fabricante en la corriente de referencia seleccionado por el fabricante. El voltaje de referencia mínimo del supresor obtenido en las pruebas de rutina se especificará y se publicará en los datos del fabricante”

También procede a especificar que:

“la medición del voltaje de referencia ( $U_{ref}$ ). Los valores medidos deberán estar dentro de un rango especificado por el fabricante”

Si el rango especificado por el fabricante se indica como "15.5kV Y superior", entonces la prueba de rutina sólo necesita detectar el voltaje mínimo de referencia. Sin embargo, si el rango se establece como "15,5 a 17.9kV", entonces es precisa una medición de niveles, mínimo y máximo de  $V_{ref}$ . Dado que la norma indica que sólo un  $V_{ref}$  mínimo necesita ser publicada, la prueba de rutina para supresores en general es una prueba de valor mínimo, dejando el máximo sin especificar. Si se comparan los voltajes de referencia de dos modelos diferentes, es importante saber qué referencia de Voltaje se utilizó para la prueba  $V_{ref}$ , de lo contrario la comparación puede no ser válida.

### Referencia de Voltaje como un Indicador of la Degradación de Sobretensión

Es un hecho bien conocido que los varistores pueden experimentar un cambio en la conducción después de un impulso de corriente de alto. El nivel de daño es resultado de la función del fabricante del dispositivo y la magnitud de la sobretensión. No está claro lo que realmente sucede en el nivel de unión del material varistor, pero el cambio de conductividad se puede medir con precisión mediante mediciones  $V_{ref}$ . La Figura 5 es un ejemplo de una lectura de alcance para un Supresor degradado por impulso. Tiene un voltaje de referencia inferior en la misma corriente de referencia y la conducción de la corriente es diferente entre las polaridades positiva y negativa. Esto se denomina como conducción asimétrica.

## Usando $V_{ref}$ en Nuevas Pruebas de Energía

Debido al hecho de que la degradación de impulso es un efecto universal de la corriente de impulso excesiva, que ha sido elegido como un indicador temprano de la máxima capacidad de manejo de energía. En la siguiente edición de ambos IEC 60099-4 y IEEE C62.11 nuevas pruebas de Resistencia de impulso serán descritas como parte de los criterios de pasa/falla, un cambio en  $V_{ref}$  será necesario. En el momento de un cambio de hasta el 5% en  $V_{ref}$  será aceptable. Esta será la primera vez que  $V_{ref}$  se utilizará para evaluar el rendimiento de un Supresor.

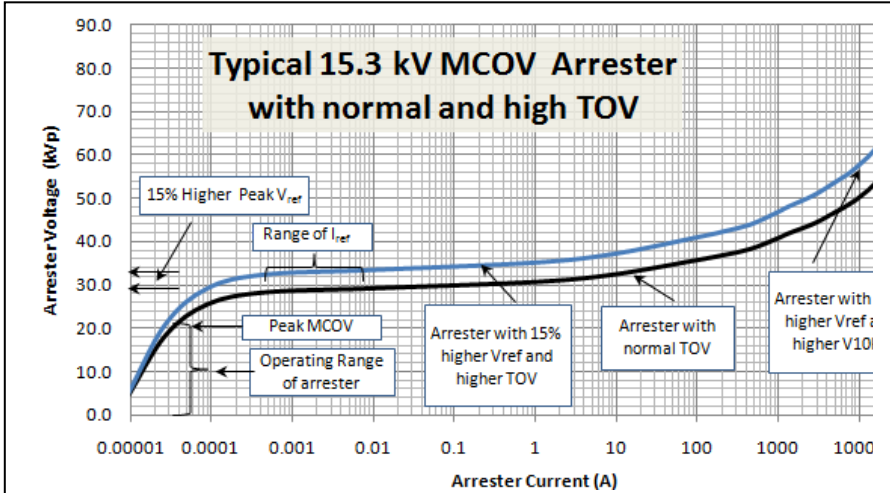


Figura 6. Supresor 15.3kV MCOV con dos Referencias de Voltaje diferentes y Resistencia TOV distinta.

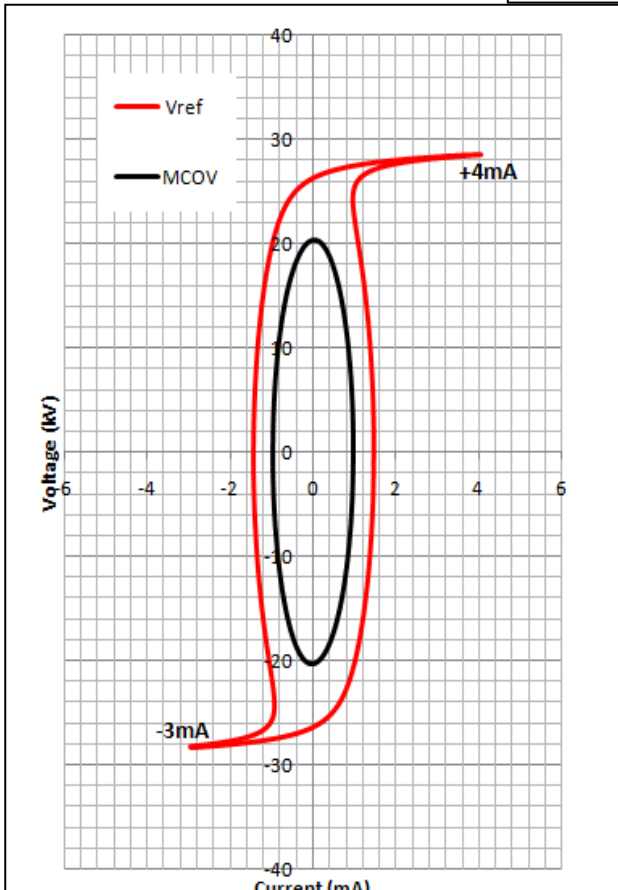


Figura 5. Medición  $V_{ref}$  de un impulso de supresor degradado 15.3kV MCOV.

**Nota:**  $V_{ref}$  de Lissajous inferior y asimétrica indica diferencia de conducción entre polaridades (+) y (-)

## Usando $V_{ref}$ En el Análisis Forense de Supresores

Si un Supresor sufre un evento que pone fin a su vida útil, es posible determinar si una sobretensión alta de corriente fue parte de ese evento con la medición de la  $V_{ref}$  de los discos que permanecen. Sin embargo, es muy importante asegurarse de que todos los productos de arco se quitan de los discos antes de la medición se haga. Incluso si el nivel original  $V_{ref}$  no se conoce, la asimetría como se muestra en la Figura 5 estará presente si una alta corriente de sobrecarga estuvo implicada.

## Referencia de Voltaje y TOV

No es obvio, pero si una mirada más cercana se toma al trazo VI en la Figura 2, se puede ver que el nivel  $V_{ref}$  y el nivel TOV están muy juntos. Esta relación es bastante constante en todos los diseños de supresor. En otras palabras, por diseño,  $V_{ref}$  y TOV estarán cerca. Sin embargo la relación entre  $V_{ref}$  y MCOV está completamente a discreción del diseñador del supresor. Si se desea que un supresor tenga una mejor capacidad de resistencia TOV, el supresor puede re-adequarse de modo que haya más distancia desde el pico MCOV y  $V_{ref}$ . Esto se hace fácilmente mediante la adición de más discos al modelo del supresor. Sin embargo, como se puede ver en la Figura 6, también aumenta el voltaje de descarga a 10 kA lo cual no es muy deseable.

## Resumen

El voltaje de referencia de un descargador es una característica muy importante y relacionada con muchas otras características del supresor. La comprensión de este es esencial para la ejecución de pruebas eficaces y la realización de análisis comparativos precisos.

**Acerca de ArresterFacts**

ArresterFacts posee documentos con Copyright destinados a la educación de los usuarios de supresores y todas las partes interesadas. Copiar o usar cualquier parte de este documento con fines educativos está autorizado, sin embargo por favor dé el crédito correspondiente a ArresterWorks.

Si alguna vez tiene alguna duda sobre este u otros temas sobre supresores, póngase en contacto con Jonathan Woodworth en [jonathan.woodworth@arresterworks.com](mailto:jonathan.woodworth@arresterworks.com)

Visite [www.arresterworks.com](http://www.arresterworks.com) por todo lo referente a protección de sobretensiones.

Jonathan Woodworth  
Consultor Principal  
ArresterWorks.

