

DEHNventil® TNC, TNS, TT

Una nueva generación de descargadores de corriente de rayo

Por: **Dr. Ing. Peter Hasse***,
Dr. Ing. Peter Zahlmann

Los modernos descargadores de corriente de rayo deben tener una elevada capacidad de derivación de corriente de choque, y al activarse no deben producir perturbaciones sobre la alimentación de tensión. El resultado de las investigaciones y desarrollos orientados a estos fines son los denominados varistores de vías de chispas. En este trabajo se describe el funcionamiento del nuevo descargador integrado DEHNventil (TNC, TNS, TT) realizado en tecnología "ICE", así como las ventajas derivadas de su utilización en la práctica.

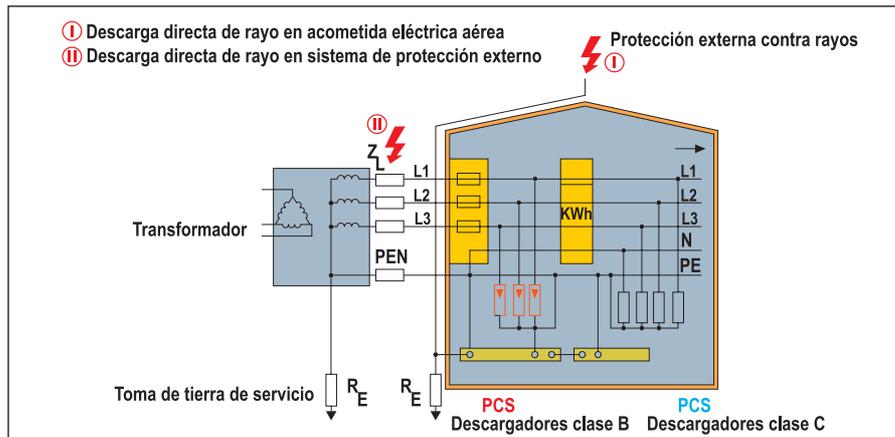


Figura 1: Instalación de dispositivos de protección contra sobretensiones en un sistema de baja tensión

1. INTRODUCCIÓN

La creciente sensibilidad frente a cualquier tipo de interferencias electromagnéticas de los aparatos electrónicos empleados en la técnica informática, así como la exigencia creciente de disponibilidad inmediata e ilimitada de los sistemas, exigen necesariamente la renovación de la calidad en la protección contra sobretensiones. Así por ejemplo, al elegir aparatos de protección, es criterio determinante la exigencia de una alimentación de corriente sin interrupciones ni perturbaciones en la red de baja tensión, aún en el caso de una descarga directa de rayo.

En lo que se refiere al efecto de protección de estos dispositivos contra sobretensiones (PCS) es conveniente diferenciar entre alteraciones de baja energía y alteraciones de alta energía.

Entre las alteraciones de baja energía se pueden citar las sobretensiones ocasionadas por diversos procesos de conmutación en la propia red, o por acoplamientos a otros circuitos de corriente o que son consecuencia de descargas lejanas de rayo.

Cuando tiene lugar una descarga directa o cercana de rayo se originan magni-

tudes de perturbación de elevada energía dependientes del campo o de los conductores. Estas perturbaciones representan el máximo potencial de riesgo para los equipos electrónicos.

La acción de los campos electromagnéticos puede reducirse eficazmente mediante blindajes adecuados. Sin embargo, se mantiene el riesgo de que las perturbaciones causadas por los rayos y acopladas a través de los conductores de red, puedan ocasionar importantes daños o incluso la destrucción total de aparatos electrónicos, sensibles a estas perturbaciones, en las instalaciones de consumidores de baja tensión.

Una de las medidas de protección más efectivas consiste en instalar dispositivos de protección contra sobretensiones de clase B (descargadores de corriente

de rayo), en el marco de la compensación de potencial para protección externa contra rayos, directamente en la entrada de los cables de energía al edificio o a la instalación industrial entre los conductores del sistema de corriente trifásica y los conductores PE o PEN (unidos a la instalación de compensación de potencial y a la instalación de toma de tierra).

En caso de una descarga directa de rayo en la protección exterior de rayos de un edificio, una parte de la corriente de rayo se descarga a través de la instalación de toma de tierra. Pese a ello, importantes corrientes parciales de rayo fluyen también, a través de los elementos metálicos, como tuberías y cables eléctricos conectadas a la compensación de potencial para protección contra rayos.

	Ventajas	Inconvenientes
Vías de Chispas	- Elevada capacidad para soportar corrientes de choque - Alta resistencias a sobretensiones permanentes	- Nivel de protección alto - Corrientes consecutivas de red perceptibles
Varistores de óxido metálico	- Nivel de protección bajo - Sin corrientes consecutivas de red	- Capacidad limitada para soportar corrientes de choque - Ninguna resistencia a sobretensiones permanentes

Tabla 1: Comparación de tecnologías de protección contra sobretensiones



Los descargadores de corriente de rayo instalados en esta zona deben ser capaces de derivar corrientes parciales de rayo de gran energía y con elevados valores de cresta sin causar destrucción y reduciendo los riesgos, de tal manera que los dispositivos de protección contra sobretensiones conectados posteriormente de clase C y D, con menor capacidad de absorción de energía y su nivel de protección más bajo, no resulten sometidos a esfuerzos excesivos y puedan minimizar las magnitudes residuales de perturbación por rayos. (1).

Si se activa un dispositivo de protección contra sobretensiones a causa de una perturbación, en el caso ideal, durante y después del proceso de descarga no debería tener lugar ninguna interferencia o influencia negativa sobre el sistema de alimentación de baja tensión, causada por ejemplo, por caídas de tensión, corrientes consecutivas de red, disparos erróneos de fusibles, etc..

Tecnologías PCS (Dispositivos de protección contra sobretensiones)

Como elementos constructivos para los dispositivos de protección contra sobretensiones se utilizan, fundamentalmente, las vías de chispas y los varistores de óxido metálico (MOV).

En la Tabla 1 se exponen las ventajas e inconvenientes de estos dos tipos de elementos.

Los varistores de óxido metálico no conducen corrientes consecutivas de red, de modo que estos elementos parecen ideales para su aplicación en las instalaciones de baja tensión. Frente a estas ventajas aparece su limitada capacidad para soportar corrientes de choque, capacidad que es insuficiente en el caso de las corrientes parciales de rayo de elevada energía.

Por esta razón, hoy día los descargadores de corrientes de rayo se realizan preferentemente sobre la base de las vías de chispas.

Estos aparatos de protección pueden descargar repetidas veces grandes corrientes de choque de rayo sin sufrir daños y sin que se originen variaciones

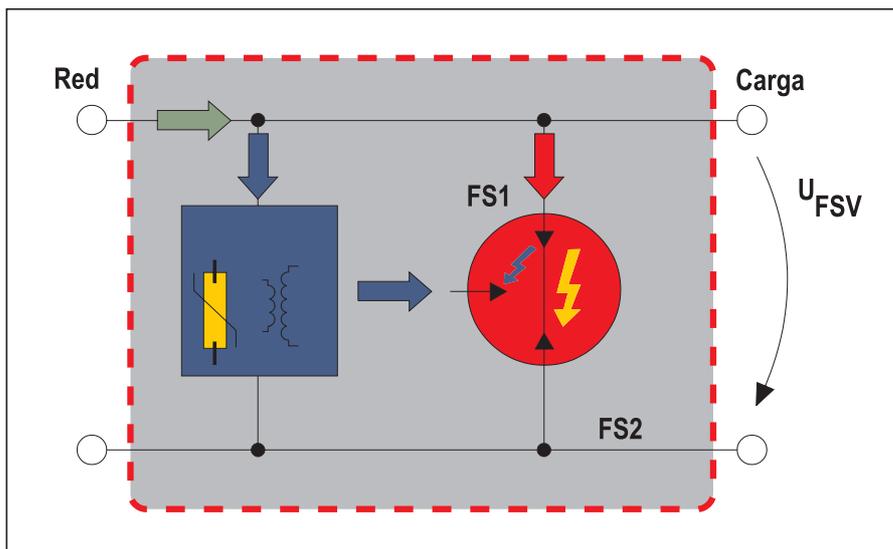


Figura 2: Esquema de principio de un varistor de vía de chispas FSV con control del flujo de energía en "tecnología ICE"

sustanciales de sus parámetros. Un inconveniente lo constituye su relativamente alta tensión de respuesta (en el margen de kV), pero de forma especial su "Casi-cortocircuito" en el sistema de baja tensión, que tiene lugar durante el proceso de derivación de la corriente de rayo, y que va unido necesariamente a una elevada corriente consecutiva de red. PE

Si se combinan vías de chispas y varistores en conexión en paralelo (bien directamente o bien a través de elementos de desacoplo) es posible conservar ampliamente las ventajas de cada uno de los elementos, y de compensar en cierta medida los inconvenientes de los mismos. Esta aplicación combinada en cascada, se ha acreditado ampliamente en la práctica de instalaciones durante los últimos años.

Se puede mejorar aún más la eficacia y las características de estas combinaciones de descargadores con el empleo de vías de chispas de nivel de protección bajo. Sin embargo, hay que tener muy en cuenta que, las ventajas obtenidas con ello en lo que se refiere a la coordinación con dispositivos de protección contra sobretensiones post-conectados, tiene como contrapartida el inconveniente de su frecuente activación (aún en el caso de muy pequeñas sobretensiones por conmutación con muy baja energía).

Los esfuerzos derivados de la mayor frecuencia de corrientes consecutivas representan una carga adicional tanto para los propios dispositivos de protección contra sobretensiones como también para la instalación de baja tensión y para los aparatos conectados en ella.

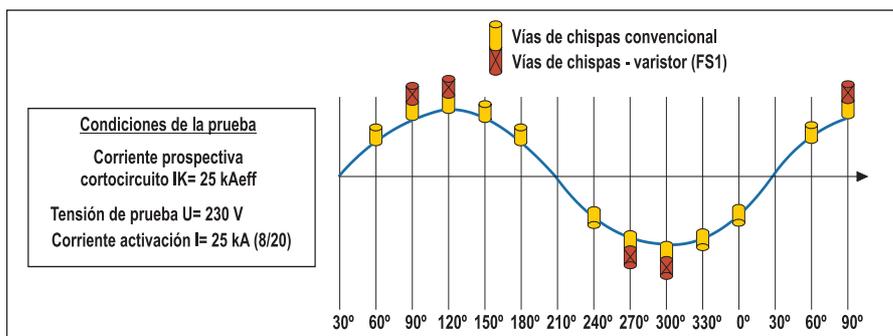


Figura 3: Comparación entre la frecuencia de la corriente sucesiva en una vía de chispas convencional y en una vía de chispas-varistor FSV en dependencia del ángulo de encendido

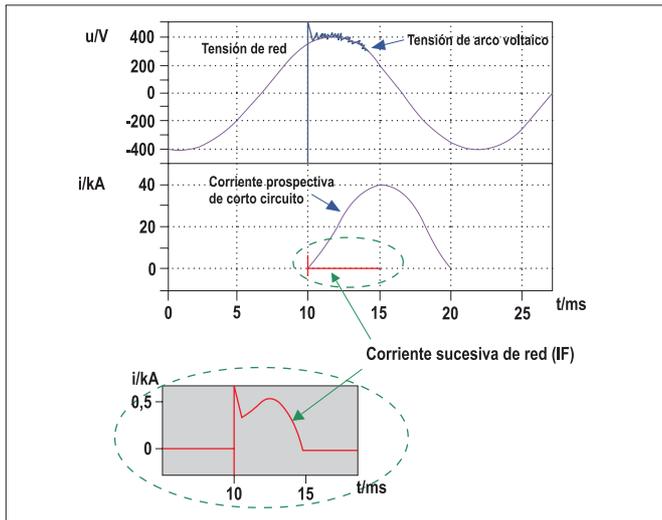


Figura 4: Limitación de la corriente sucesiva de red en la vía de chispas-varistor FSV con vía de chispas principal con tecnología Radax-Flow

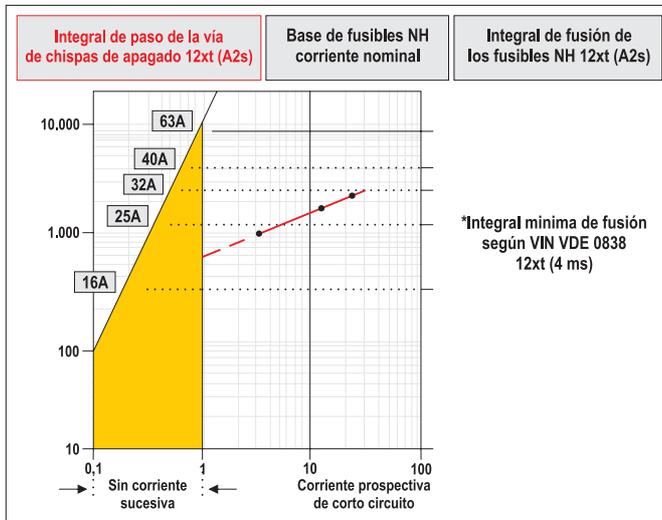


Figura 5: Valores característicos de selectividad de la vía de chispas-varistores

2. VARISTORES-VÍAS DE CHISPAS (FSV) - UNA NUEVA TECNOLOGÍA PARA DESCARGADORES DE PROTECCIÓN CONTRA RAYOS Y SOBRETENSIONES

La comparación de las distintas tecnologías anteriormente expuestas, nos indica que, el elemento ideal para la protección contra sobretensiones consistiría en una combinación de todas las características positivas de las dos tecnologías básicas evitando sus inconvenientes.

Para el caso práctico de aplicación esto significaría que los casos de sobretensiones, frecuentes, pero de baja energía (ocasionados por procesos de conmutación en el sistema de baja tensión o por una descarga lejana de rayo) podrían limitarse y descargarse sin que por ello se ocasionara una corriente consecutiva de red. En este caso el descargador debería com-

portarse como un varistor. Cuando se tratara de dominar una corriente de choque de mayor energía con gran amplitud, debería comportarse como una vía de chispas de alto rendimiento. El comportamiento de un componente de este tipo podría denominarse como varistor - vía de chispas (FSV), cuyo esquema de principio se reproduce en la Figura 2.

Todo el conjunto del descargador se caracteriza por las 3 propiedades siguientes (tecnología ICE):

- Integrado: Descargador de corriente de rayo y sobretensiones en un solo elemento.
- Coordinado: Coordinación inmediata con descargadores de sobretensiones postconectados (aún en el supuesto de estar montados en el aparato terminal que se pretende proteger).
- Encapsulado: no se produce expulsión de gases.

Este novedoso dispositivo de protección contra sobretensiones está compuesto por una unidad de monitorización y por una vía de chispas con dos vías de chispas parciales (FS1 y FS2).

El funcionamiento de este descargador puede dividirse en dos fases o etapas:

- Una unidad de monitorización y disparo vigila permanentemente el sistema / aparato que se desea proteger. Si se sobrepasa un determinado nivel de energía, previamente fijado, la unidad de disparo genera un impulso de encendido para la vía de chispas de réplica FS1, que tiene una capacidad limitada para soportar corriente de choque y que, desde el punto de vista eléctrico, se comporta como un varistor.

La tensión de respuesta de esta vía de chispas de réplica FS1, y con ello el nivel de protección de todo el descargador, es ajustable en un margen muy amplio (durante la fabricación).

El impulso de encendido con el arco voltaico parcial iniciado es la réplica o reflejo energético de la onda de sobretensión incidente, en cuyo caso el arco voltaico parcial en la FS1 pre-ioniza la vía de chispas principal FS2.

El contenido de energía de la sobretensión, determina con el grado de pre-ionización (intensidad, duración): como, si y cuando va a encenderse la vía de chispas principal FS2, la cual, entonces, recoge la corriente de choque y descarga la vía de chispas de réplica FS1.

- La vía de chispas principal FS2 es una vía de chispas de alto rendimiento con elevada capacidad de limitación de corrientes consecutivas y con alta resistencia a corrientes de choque.

El momento en que se alcanza el valor de energía que da lugar al encendido de la vía de chispas principal FS2 es ajustable a través del dimensionado de la unidad de monitoriza-

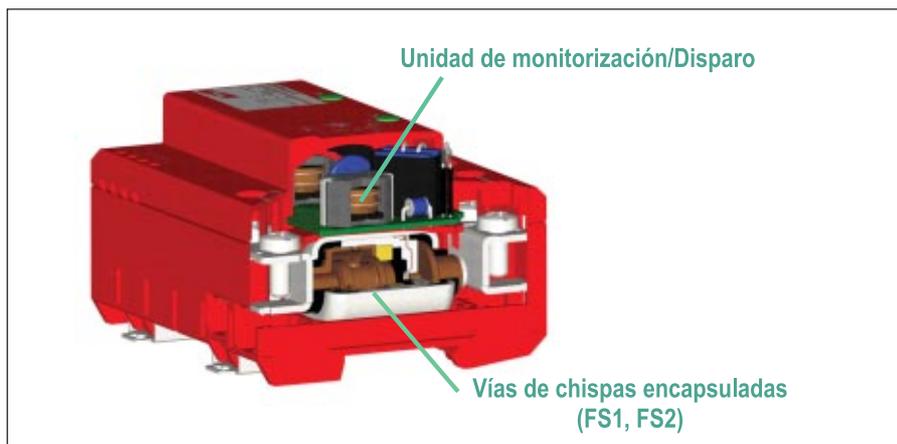


Figura 6: Vista en sección del DEHNventil[®] TNC

ción y disparo. De este modo es posible la adaptación a la capacidad de soportar corrientes de choque de dispositivos de protección post-conectados, o respectivamente a los circuitos de entrada de los aparatos terminales que se pretende proteger. Todo esto es posible mediante la nueva "Tecnología ICE".

El encendido de la vía de chispas principal Fs2 en este procedimiento de réplica depende fundamentalmente del contenido de energía del impulso de sobretensión que se debe limitar, mientras que la forma real de la onda en la correspondiente sobretensión desempeña un papel secundario.

Limitación de las corrientes consecutivas del nuevo elemento vía de chispas-varistor FSV.

La limitación de la corriente consecutiva de red del FSV viene determinada por las características de sus vías de chispas parciales. Mientras que un gran número de sobretensiones de poca energía son limitadas y descargadas sin que fluya una corriente consecutiva de red, en el caso de impulsos de mucha energía puede producirse una corriente consecutiva de red al activarse la vía de chispas principal.

La vía de chispas principal desarrollada para el FSV se basa en el principio acreditado de extinción Radax-Flow (2), que ahora es aplicado en ejecución totalmente encapsulada y con características considerablemente mejoradas. Gracias a la geometría optimizada de la vía de

chispas, al producirse corrientes de cortocircuito prospectivas de $3 \text{ kA}_{\text{eff}}$ no ocasiona prácticamente ninguna corriente sucesiva de red.

Es importante señalar que las investigaciones efectuadas en relación con las magnitudes características de cortocircuito en redes de baja tensión (3) han demostrado que aproximadamente en el 90% de las líneas de acometida sólo cabe esperar una corriente de cortocircuito de máximo $3 \text{ kA}_{\text{eff}}$.

El constante perfeccionamiento de la tecnología Radax-Flow ha contribuido a reducir de forma importante la frecuencia con que se originan corrientes sucesivas en caso de corrientes prospectivas de cortocircuito muy grandes. La Figura 3 muestra la frecuencia de corrientes sucesivas con una corriente pros-

pectiva de cortocircuito de $25 \text{ kA}_{\text{eff}}$ en dependencia del ángulo de encendido.

En los pocos casos en los que aún puede ocasionarse una corriente sucesiva con una vía de chispas-varistor, esta corriente se interrumpe automáticamente en el siguiente paso por cero de la corriente. La figura 4 muestra un oscilograma de desconexión típico con una corriente prospectiva de cortocircuito de $25 \text{ kA}_{\text{eff}}$.

Condicionada por la característica de limitación de la corriente sucesiva de la vía de chispas Radax-Flow empleada, la corriente que fluye queda limitada aproximadamente a 1,5% del valor prospectivo ($40 \text{ kA}_{\text{pico}}$), aproximadamente ($500 \text{ A}_{\text{pico}}$).

Esta notable limitación de corriente hace posible un margen de selectividad ampliado con otros dispositivos de protección contra sobretensiones preconnectados en la red. Las corrientes límites de selectividad del FSV están reproducidas en la Figura 5.

Como puede verse en este diagrama, aún en el supuesto de una corriente prospectiva de cortocircuito de $25 \text{ kA}_{\text{eff}}$, la integral de paso ($I^2 \times t$) de la vía de chispas se mantiene por debajo de la integral de fusión de unos fusibles NH de 32 A. Esto quiere decir, que resulta posible una selectividad de disparo con todos los dispositivos de protección con-

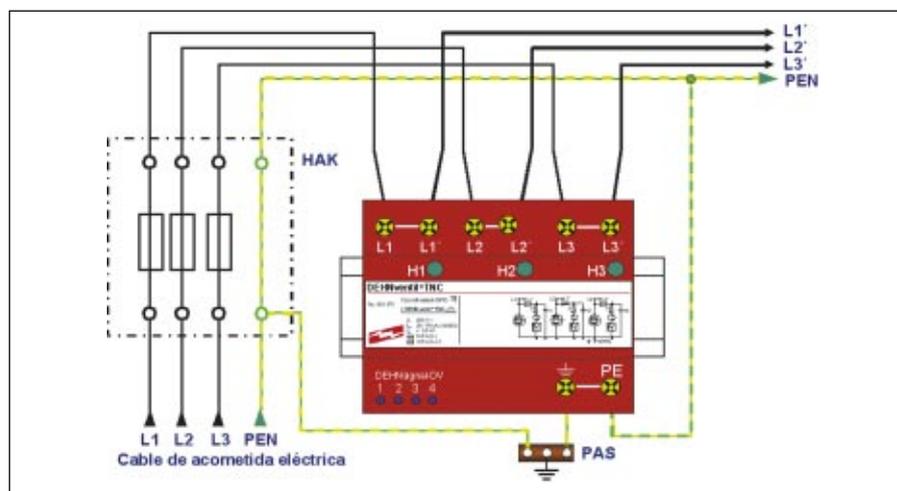


Figura 7: Instalación del DEHNventil[®] TNC con cableado en V

tra sobretensiones que tengan un valor nominal superior o igual a 32 A, montados en la instalación y que estén pre-conectados a la vía de chispas-varistor (4). Resulta especialmente interesante para la aplicación práctica de la FSV, el hecho de que la tensión de arco voltaico durante la fase de apagado no se diferencia apenas de la tensión de marcha en vacío de la red (Ver Figura 4).

Esto garantiza prácticamente una total ausencia de efectos de reacción durante la extinción de la corriente consecutiva.

- La nueva familia DEHNventil[®] -

La vía de chispas-varistor FSV descrita anteriormente se presenta por primera vez en una familia de aparatos totalmente nueva de la firma DEHN. Basándose en el extraordinario éxito y en la dilatada experiencia de muchos años lograda con el descargador de corriente de rayo DEHNventil[®] VGA 280, se ha desarrollado una familia de aparatos compactos completamente nueva, adaptada a las necesidades de cada usuario. La Figura 6 muestra una vista en sección del nuevo DEHNventil[®] TNC. En la parte superior de la figura puede reconocerse la unidad de monitorización/Disparo que se encuentra en todas las unidades de vías de chispas.

La parte inferior muestra una sección de la nueva vía de chispas-varistor FSV, que está totalmente encapsulada.

La nueva familia DEHNventil[®] está compuesta por los siguientes modelos:

- DEHNventil[®] TNC

En modelo está diseñado específicamente para el sistema TN-C se utiliza el circuito 3+0.

- DEHNventil[®] TNS

Este modelo está concebido para el sistema TN-S y cuenta con un circuito 4+0.

- DEHNventil[®] TT

Este modelo, en circuito de 3+1, está diseñado para el sistema TT.

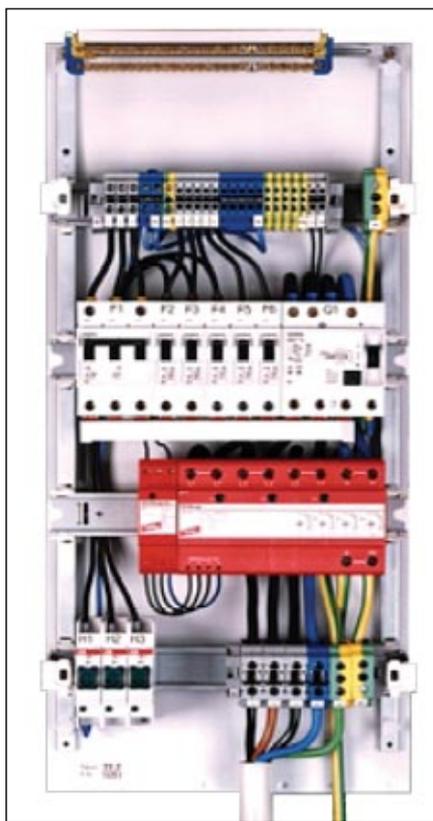


Figura 8: DEHNventil[®] TT instalado en cuadro de protección eléctrica

- Concepto mecánico de los aparatos -

Los distintos componentes de la familia del nuevo DEHNventil[®] cuentan con una regleta de bornas doble para todas las conexiones. Con ello es posible la realización, sin problema alguno, del denominado "Cableado V". La Figura 7 muestra, a título de ejemplo, el esquema de conexión en -V del aparato DEHNventil[®] TNC.

El cableado en V es especialmente ventajosa para los dispositivos de protección contra sobretensiones.

En aparatos con cableado convencional de empalme, la caída inductiva de tensión a través de los cables de conexión sobrepasa frecuentemente el nivel de protección propio del aparato.

La instalación de equipos de protección contra sobretensiones en los sistemas TT con el denominado circuito 3+1, con módulos de protección contra sobretensiones implica, con frecuencia, unos

gastos excesivos de adquisición. Resulta particularmente problemática la transformación necesaria de los niveles de conexión al realizar una instalación resistente a corrientes de choque para cada uno de los distintos aparatos de protección.

Por eso, en el desarrollo de la variante TT del DEHNventil[®] se ha prestado atención especial a que todas las conexiones de cables pertenecientes al mismo conjunto, se encuentren situadas en el mismo lado.

Esto evita la necesidad de cambiar los distintos tipos de cableado. (Ver Figura 8).

- Concepto eléctrico de aparatos -

Todos los modelos de la familia del DEHNventil[®] están equipados con la nueva vía de chispas-varistor FSV encapsulada.

De aquí se derivan los siguientes parámetros eléctricos básicos:

- ⚡ Tensión de dimensionado: $U_c = 255 \text{ V}$.
- ⚡ Nivel de protección: $U_p = 1,5 \text{ kV}$.
- ⚡ Corriente de choque de rayo (10/350 s): $I_{imp} = 100 \text{ kA}$ para todo el aparato.
- ⚡ Capacidad de extinción de corrientes consecutivas: $I_A = 25 \text{ kA}_{eff}$ (con U_c).

Todos los aparatos llevan incorporada la indicación de servicio, siendo posible además su señalización remota.

- Concepto de aparatos-Coordinación con otros dispositivos de protección y aparatos terminales post-conectados -

En el desarrollo del concepto de aparatos para la nueva familia DEHNventil[®] se ha prestado gran atención a la coordinación con otros dispositivos de protección contra sobretensiones, o respectivamente equipos terminales, instalados en los sistemas de baja tensión. La nueva vía de chispas - Varistor FSV descrita anteriormente permite soluciones novedosas, adaptadas a las necesidades de cada usuario, para las distintas instalaciones.



En especial en las denominadas estaciones compactas de red (p. ej. estaciones base de telefonía móvil) el concepto de 3 niveles de descargadores (B + C + D) ampliamente acreditado, con los elementos de desacoplo necesarios entre las distintas fases, es prácticamente irrealizable principalmente por razones de espacio.

De forma especial en instalaciones con corrientes de servicio de hasta 250 A, la instalación de bobinas para desacoplo de los dispositivos de protección contra sobretensiones de la clase de exigencias B y C, requiere numerosos elementos constructivos, con el aumento de gastos y costos que esto comporta.

Para estos casos de aplicación sería ideal poder contar con un dispositivo de protección contra sobretensiones que pudiera combinarse directamente (en una sola etapa) con el aparato terminal que se desea proteger. En estos casos, las condiciones para la combinación vienen dadas por el equipo a proteger, de manera que los dispositivos de protección contra sobretensiones tienen que adaptarse a las exigencias correspondientes del mismo.

Los modelos de la nueva familia DEHNventil[®] pueden combinarse directamente con las entradas de equipos que tengan, como mínimo, una resistencia a tensiones de choque de 1,5 kV (Equivalente a la categoría 1 de sobretensiones según DIN VDE 0110), o respectivamente que utilicen circuitos de protección de entradas varistores con una tensión de dimensionado de $U_c = 275 \text{ V}$ y más.

El DEHNventil[®] también puede combinarse directamente con descargadores de la clase de exigencias D.

Desde el punto de vista de la coordinación de descargadores, el nuevo DEHNventil[®] es un descargador combinado que garantiza la coordinación de las clases de exigencias B y C, con lo cual se puede prescindir de la instalación de otros dispositivos adicionales de protección contra sobretensiones de la clase de exigencias C así como del eventual elemento de desacoplo.

RESUMEN FINAL

Con la nueva familia DEHNventil[®] se ofrecen 3 modelos que se caracterizan por sus extraordinarios parámetros eléctricos y por una nueva facilidad de aplicación. Los nuevos elementos utilizados, vía de chispas-varistor (FSV) reúnen todas las características positivas de las vías de chispas y de los varistores. Constituyen así una simbiosis ideal para la moderna protección contra sobretensiones.

Con su instalación se limita el gran número de sobretensiones de poca energía a un nivel muy bajo, y se procede a derivarlas sin que se originen corrientes consecutivas en la red. Si sobretensiones de rayo, de gran energía, ocasionaran el disparo de la nueva vía de chispas principal encapsulada y construida según el principio la tecnología Radax-Flow, la corriente consecutiva que eventualmente podría producirse, se limita a valores sumamente bajos.

El DEHNventil[®] TT, con su adaptación integrada de los distintos niveles de cableado es particularmente fácil de utilizar por el usuario, permitiendo realizar el circuito 3+1 con cableado en -V y con muy reducidos costes y necesidades de instalación.

Los modelos de la nueva familia DEHNventil[®] se coordinan directamente con el equipo a proteger, o respectivamente con dispositivos de protección contra sobretensiones de la clase de exigencias D. Con su "Tecnología ICE", estos dispositivos de protección son auténticos descargadores combinados de las clases de exigencias B y C.

Para las instalaciones pequeñas, con poca disponibilidad de espacios o respectivamente en aquellas instalaciones en las que no pueden emplearse bobinas de desacoplo para la realización de una disposición de descargadores de varias etapas, con el aparato que presentamos se ofrece una posibilidad de protección eficaz con muy pocas exigencias de espacio.

BIBLIOGRAFÍA

- (1) Hasse, P: Protección contra sobretensiones de instalaciones de baja tensión
TÜV Verlag GmbH, Colonia, 1998
- (2) Hasse, P; Noack, F; Pospiech, J.; Zahlmann, P: Cambio de generaciones en los descargadores de corriente de rayo para instalaciones de baja tensión.
etz, volumen 119, N° 7-8, páginas 76-83
- (3) Noack, F; Pospiech, J.: Magnitudes características de cortocircuito en redes de baja tensión.
etz, volumen 116, N° 5, páginas 38-44, Marzo 1995
- (4) Raab, V.; Zahlmann, P: Descargadores de corriente de rayo, limitadores de corrientes consecutivas para sistemas principales de suministro de corriente.
Elektropraktiker n° 51 (1997), 12

* **Peter Hasse:** Nació en 1940 en Alemania, realizó los estudios de Electrotecnia/Técnica de Alta Intensidad en la Universidad Técnica de Berlín.

Recibió en 1965 "Medalla de la Universidad Técnica de Berlín" desde 1965 hasta 1972 trabajó en dicha Universidad, en el Instituto Adolf-Matthias de Técnicas de Alta Tensión e instalaciones de corriente de Alta intensidad, como auxiliar científico. En 1972 aprobó su Doctorado en Ingeniería.

Desde 1973 se hizo cargo del departamento de Desarrollo y construcción de la Fabrica DEHN & SÖHNE, en NEUMARKT, dedicándose desde entonces a la técnica de protección contra descargas de rayo, y la técnica de protección contra accidentes de trabajo en instalaciones eléctricas donde registró muchas patentes.

Dentro del marco de Instituciones y asociaciones Internacionales técnico-científicas como ABB, DKE/VDE, IEC, NE, IEEE, y otras; el Dr. Ing. Peter Hasse ha participado en comisiones y trabajos para creación y aplicación de normas. Es autor de varios libros y muchos artículos técnico-científicos publicados en numerosas revistas.