

Boletín 60

HERRAJES PARA LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

Boletín técnico N° 60
PARTE 2
Ing. Gregor Rojas

Caracas - Venezuela

HERRAJES LINEAS DE TRANSMISION Y DISTRIBUCION

PARTE 2

Por:

Ing. Gregor Rojas
GERENTE NACIONAL
MERCADEO Y VENTAS
División materiales eléctricos

1. Generalidades.

La IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineer) define un sistema de potencia como: una red formada por unidades generadoras eléctricas, líneas de transmisión de potencia y cargas, incluyendo el equipo asociado, conectado eléctricamente o mecánicamente a la red.

Para comprender mejor el tema de las líneas de transmisión y distribución de energía relacionado a los aisladores, es necesario haber visto previamente el Boletín Técnico N° 4 PARTE 2 sobre las líneas de transmisión y distribución donde partimos desde principios básicos sobre esta materia y boletín Técnico N° 59 PARTE 1 referido a herrajes.

Por su estructura, normalmente en los sistemas de potencia podemos distinguir cuatro niveles operativos: generación, transmisión, sub-transmisión y distribución.

El sistema de potencia está constituido por elementos que cumplen funciones específicas, de forma que en operación conjunta garanticen un flujo confiable y económico de electricidad, una parte importante de este sistema lo constituyen los herrajes, a continuación nos extenderemos en este tema.

2. Cuernos de descarga.

Son dispositivos de protección que se construyen en forma de proyecciones y se colocan en ambos

lados de la cadena de aisladores para confinar el arco eléctrico entre ellos. Se constituyen en pares.

Así, en una línea de transmisión se encuentran conectadas una pieza en la línea aérea o fase y la otra en la estructura de la torre de transmisión que a su vez está conectada a tierra.

En líneas de transmisión, en caso de caídas rayos en la torre, la torre se eleva a niveles potenciales peligrosos y puede resultar un arco eléctrico (flashovers) través de los aisladores ocasionando fallas.

Los cuernos de descarga previenen esto conduciendo el arco a través del espacio aéreo entre ellos a tierra. Se utilizan para alejar el arco de la cadena de aisladores, cuando se produce una sobretensión (rayo directo a la línea) de manera que protege la cadena de aisladores de daños.



Cadena de suspensión con cuernos de
descarga
Figura 1

La función de los cuernos de descarga es ser el bypass del alto voltaje a través del aislador utilizando el aire como medio conductor.

La pequeña distancia entre los cuernos asegura que se quiebre el gradiente del aire dando por

resultado un arco eléctrico entre ellos y drenando la sobre tensión a tierra evitando que causen daños a los aisladores.

Los cuernos son fabricados con metal cilíndrico o cabillas calibradas de acero, posteriormente galvanizadas en caliente.

Para evitar el uso de los cuernos de descarga se podría ampliar el tamaño de la cadena de aisladores, es decir su número, pero esta práctica resulta poco económica en comparación con el empleo de los cuernos, herraje más económico.

El diseño de los cuernos de descarga debe asegurar que las sobretensiones que eventualmente pueden afectar a la línea, no afecten a los aisladores.

3. Anillos de Protección.

Para incrementar el grado de protección, se emplean anillos de protección, los cuales se instalan en ambos extremos de la cadena de aisladores combinados con los cuernos. A fin de lograr una mejor distribución del gradiente de potencial entre los aisladores de una cadena, y además disminuir la distancia por aire conductor masa, se colocan en las mordazas anillos cuya forma va desde un toro convencional hasta formas similares a silla de montar, con lo cual se cubren los primeros aisladores de la cadena del tipo de la mordaza.

Las líneas de transmisión eléctrica deben estar provistas con la máxima seguridad de servicio posible para evitar posibles daños a los aisladores y conductores.

El arco eléctrico (Flashover) es a menudo la causa de las interrupciones debido a que las altas temperaturas del arco pueden dañar los conductores y destruir los aisladores.

La protección contra la formación de arcos es una característica importante en el diseño del equipo.

Ing. Gregor Rojas

Consiste de cuernos, anillos equipotenciales, las formas y tamaños se ajustan al voltaje del sistema y normalizado para pruebas de alta tensión.

Anillos de aluminio corona de control se suministran para aplicaciones de alta tensión por encima de 330KV

4. Conectores para líneas de distribución.

Los conectores diseñados para líneas de distribución de servicio normal con conductores de aluminio, aleación de aluminio o ACSR son los elementos de unión del conductor a las cadenas de aisladores se emplean para sujetar o suspender los conductores.

Estos conectores o mordazas pueden ser de dos tipos: de suspensión y de amarre.



Mordazas
Figura 2

5. Mordazas de Suspensión.

La mordaza de suspensión está constituida por un cuerpo que constituye el soporte generalmente elaborado con una aleación de aluminio fundido de forma acanalada, en su parte central posee un pasador por donde puede colgar como un balancín, en este canal se aloja el conductor que

se desea suspender, para evitar que el mismo se pueda desplazar, sobre el mismo se le coloca otra pieza acanalada de igual características, ambas piezas acanaladas son de un diámetro mayor y poseen un reborde hacia fuera en los sitios donde el conductor sale a objeto de que cuando se produzcan movimientos no se hagan presiones cortantes al conductor o cable, para completar la fijación del conductor este se apresa mediante abrazaderas de acero galvanizado atornillables en forma de "U" o por medio de tornillos y tuercas de abajo hacia arriba o de arriba hacia abajo.

Estas grapas o mordazas son utilizadas para suspender conductores de aluminio, aleación de aluminio y aluminio acero.

A la hora de la instalación, es importante respetar el par de apriete recomendado, que está estudiado para garantizar deslizamiento superior al 20% de la carga de rotura del conductor y minimizar los esfuerzos de compresión sobre el conductor a unos límites aceptables.



Mordaza de suspensión
Figura 3

Hay dos tipos de mordazas de suspensión: aquellas que son fijadas directamente a la cadena de aisladores a través de dos brazos y las que se sujetan a la cadena utilizando grilletes sobre cuyo pasador pivota la mordaza.

Las empresas electrificadoras en Venezuela generalmente utilizan el primer tipo y colocan las mordazas con bridas de abajo hacia arriba, a objeto de disminuir el efecto corona cerca del conductor.

Aunque en condiciones normales las mordazas de suspensión soportan esfuerzos menores a las mordazas de amarre las mordazas de suspensión deben estar diseñadas para resistir los esfuerzos en caso de ruptura del conductor.

El diseño de las mordazas es de gran importancia en cuanto a las funciones que cumple. En este sentido, las mordazas de suspensión deben tener superficies lisas curvas, con un buen acabado externo. El ángulo de salida del conductor debe ser de 20°, de manera de reducir la posibilidad de fatiga y deterioro del conductor.

6. Mordazas de amarre o retención.

Estas grapas o mordazas son utilizadas para amarrar conductores de aluminio, aleación de aluminio y aluminio-acero, son dispositivos que permiten el amarre o fijación mecánica del conductor a la cadena de aisladores la cual a su vez está sujeta a la torre de transmisión.

A la hora de la instalación, es importante respetar el par de apriete recomendado, que está estudiado para garantizar un deslizamiento superior al 95% de la carga de rotura del conductor y minimizar los esfuerzos de compresión sobre el conductor a unos límites aceptables.

Estas mordazas pueden ser dependiendo si se realiza corte o no sobre el conductor de tres tipos:

- Mordazas tipo compresión, son aquellas en las que se corta al conductor
- Mordazas tipo pistola, son aquellas en las que no se corta al conductor

- Mordazas tipo cuña, son aquellas en las que no se corta al conductor

Es importante destacar que las mordazas en la que no se requiere segmentar o cortar el conductor presentan ventajas con respecto a las que requieren corte del conductor.

En Venezuela a pesar de que se utilizan todos los tipos de mordazas. No obstante, las electrificadoras prefieren las mordazas donde no se requiere el corte del conductor, es decir, las mordazas de amarre de tipo pistola y de tipo cuña.

7. Mordaza tipo de compresión.

La mordaza de compresión presenta un orificio donde se inserta el conductor. Por medio de prensas hidráulicas se comprime la mordaza sobre el conductor, dando lugar a que el metal de la mordaza penetre al conductor, formándose una sola pieza.

La aplicación de este tipo de mordaza suministra un amarre con un buen contacto eléctrico. No obstante, presenta las siguientes desventajas:

- Al momento de la instalación la necesidad de corte del conductor exige recurrir a conectores para mantener la continuidad eléctrica.
- Al momento de realizar mantenimiento o reparaciones, el segmento del conductor empalmado y la mordaza no pueden ser reutilizados, esto se debe a que ambas partes quedan coherentes una vez comprimida la mordaza.
- Al momento de la instalación la mordaza requiere de herramientas y sus correspondientes accesorios para su compresión.
- Al momento de la instalación el empleo de prensas hidráulicas, incrementa los costos de

este sistema además de hacerlo complicado, dado que supone llevar el equipo al sitio.

En Venezuela las empresas electrificadoras debido a lo engorroso de su aplicación han desechado la utilización de este tipo de mordaza en sus líneas de transmisión.

8. Mordaza tipo pistola.

Las grapas de retención son elementos mecánicos que trabajan a tracción y cuya única función es suspender el cable en las líneas aéreas de media tensión en conductores de aluminio puro, ACSR o de aleación de aluminio.

Estas mordazas son fabricadas de aluminio fundido o acero galvanizado, el material es libre de grietas, cavidades, sopladuras, defectos superficiales o internos y de toda otra falla que pudiera afectar su correcto funcionamiento.

Esta mordaza debe su nombre a la forma de pistola que presenta, está compuesta por dos partes en forma de pistola que se unen por medio de bridas, en donde se inserta el conductor.

La aplicación de este tipo de mordaza suministra un amarre y presenta las siguientes ventajas:

- Al momento de la instalación no se requiere cortar el conductor, esto permite su continuidad eléctrica.
- Al momento de realizar mantenimiento o reparaciones, la mordaza o el conductor pueden ser reutilizados, esto se debe a que ambas partes son independientes.
- Al momento de la instalación la mordaza no requiere de herramientas o maquinas especiales.
- Al momento de la instalación el uso de herramientas sencillas y portátiles incide en

costos muy bajos de este sistema además de hacerlo muy sencillo.



Mordaza de amarre tipo pistola
Figura 4

Las empresas electrificadoras en Venezuela, emplean este tipo de mordaza hechas en aluminio o sus aleaciones en las líneas de 115 kV. Para tensiones superiores este dispositivo se presenta de grandes dimensiones, lo que establece limitaciones a su utilización.

9. Mordazas de amarre del tipo Cuña.

La mordaza tipo cuña debe su nombre a su forma de cuña, se caracteriza por su robustez mecánica ya que tanto su cuerpo como su cuña son totalmente compactos. Su rango de aplicación está dado básicamente para calibres medianos y grandes.

Este tipo de mordaza sujeta al conductor a través de un dispositivo formado por dos piezas las cuales se insertan una dentro de la otra.

La primera pieza interna tiene la forma típica de cuña posee una garganta donde se introduce al conductor. Esta primera pieza se introduce dentro

de la otra, fijada a la torre mediante la cadena de aisladores.

Los conectores de cuña son realmente una forma especial de mordazas o conectores mecánicos. Este conector incorpora un componente tipo cuña y un cuerpo afilado tipo resorte con la forma de una C.

Durante la instalación, la cuña es llevada entre dos conductores a la 'C' abriendo el cuerpo con forma de C, el que a su vez coloca elevadas fuerzas en los conductores para una conexión estable y segura, tal como se aprecia en la figura a continuación.



Mordaza o conector tipo cuña
Figura 5

Su instalación se realiza mediante una herramienta que permite introducir la cuña entre los dos conductores a una velocidad aproximada 30 m/seg, limpiando la superficie de contacto hasta ser detenida por el cabezal de la herramienta.



Herramientas y accesorios para aplicación
Figura 6

Este impacto forma una traba en la cuña que impide que la misma se suelte después de la aplicación.

Las partículas de níquel en la pasta antióxido junto con la velocidad de penetración de la cuña raspan la película de óxido de los conductores, asegurando una gran cantidad de puntos de contacto efectivos metal-metal para una perfecta conexión eléctrica.

Hay dos formas de introducir la cuña dentro del miembro o cuerpo de forma 'C':

- (a) A través de la actuación por pólvora, el cual es un sistema especialmente diseñado que dispara un cartucho para impulsar la cuña a una alta velocidad
- (b) Por medio de un perno de operación mecánica que cuando se ajusta, coloca a la cuña entre los conductores.

El conector de cuña se usa básicamente en aplicaciones de derivación, aunque son posibles otras funciones. Los conectores de cuña son capaces de hacer conexiones entre

combinaciones de conductores de aluminio, cobre y ACSR.

10. Ventajas de los Conectores de Cuña

Los conectores de cuña accionados por pólvora brindan una performance consistente y uniforme.

- La instalación es más rápida que la de un conector convencional.
- Las etiquetas y embalajes de los conectores vienen señalizados por colores (rojo, azul, amarillo y blanco) para facilitar su identificación, selección del impulsor y correcta aplicación en la herramienta.
- La herramienta de aplicación requiere un mínimo esfuerzo por parte del operario, evitando fallas de mano de obra.
- La traba en la cuña permite verificar visualmente la correcta aplicación del conector. Se pueden remover sin dañar los conductores.
- Se aseguran las fuerzas repetibles de instalación de una conexión a la próxima por medio de la selección de un elevador de potencial (booster) adecuado.
- La acción rápida de limpieza mecánica a medida que la cuña se acciona entre los conductores rompe los óxidos de la superficie y genera mayores puntos de contactos con lo que se reduce la resistencia de contacto
- Los conectores de cuña accionados por pólvora se instalan con herramientas portátiles y livianas que incluyen una carga simplificada y mecanismos de acoplamiento para acelerar el proceso de instalación.
- Las conexiones de las cuñas mecánicas se instalan con una llave básica, lo que requiere un esfuerzo físico para su instalación.

- El efecto de resorte del cuerpo en forma de 'C' mantienen una presión constante en toda la vida de la conexión logrando una mayor confiabilidad bajo condiciones severas de carga y climáticas.

11. Desventajas de las mordazas tipo cuña.

Aunque las conexiones de cuña accionados por pólvora brindan numerosos beneficios, es un sistema delicado que requiere de la plena atención del usuario en cuanto a entrenamiento, mantenimiento y servicio.

- Se deben tomar precauciones para asegurar una instalación segura y adecuada.
- Se debe suministrar entrenamiento especial a los instaladores para que estén calificados para instalar conexiones de cuña.
- Las mordazas o conectores mecánicos de tipo cuña instalados con llaves presentan un acabado más frágil que los accionados por pólvora.
- Todas las mordazas o conexiones de tipo cuña se limitan a aplicaciones sin tensión mecánica y para intemperie.
- Cada conector de cuña sólo se adecua a un rango limitado de conductores.
- Se debe determinar con mucho cuidado el tamaño del conductor para el conector de cuña a objeto de garantizar una conexión adecuada.

12. Mordaza amortiguadora.

Este tipo de grapa o mordaza de suspensión está diseñada para ofrecer una protección extra al conductor, está constituida por un cuerpo de aleación de aluminio, por unas varillas de protección de aleación de aluminio, manguito de neopreno, tortillería de acero galvanizado en caliente, pasador de acero inoxidable, esta mordaza tiene la propiedad de evitar los daños en

el conductor tanto de tipo estáticos como dinámicos, por compresión, flexión, abrasión y por arcos eléctricos. En la figura siguiente 7 se aprecia una mordaza amortiguada típica.



Mordaza amortiguada
Figura 7

En el interior de la mordaza se sitúa un manguito de neopreno que minimiza los esfuerzos en el punto de asentamiento,

13. Amortiguadores para líneas.

13.1 La vibración eólica

El viento genera fenómenos de tipo oscilatorio no solo en las líneas de transmisión eléctrica sino también en las de telecomunicación.

El más conocido es la denominada vibración eólica, que afecta en mayor o menor grado a todas las líneas de transmisión. Siendo de frecuencia relativamente elevada, sin las protecciones debidas produce problemas de frotamiento y fatiga, incluso roturas en los conductores, en los herrajes y en los apoyos.

La excitación resonante en los conductores a causa de los vientos genera la vibración eólica, su amplitud es aquella que origine el equilibrio entre la energía introducida por la acción del viento y la energía absorbida por el conductor, controlada por el amortiguamiento del mismo, que para conductores trenzados, disminuye con el tense.

Esta es la razón por la cual la vibración es más intensa, serán mayores la amplitud y margen de frecuencia en una línea con el tense elevado.

13.2 Cómo proteger contra vibraciones.

Para proteger a las líneas de transmisión se deben colocar elementos de amortiguamiento hasta conseguir reducir la amplitud de vibración y por consiguiente la deformación a la salida de la grapa a valores inferiores a límites prefijados (o que la acumulación de ciclos de fatiga dé lugar a una vida útil superior a una dada, cálculo realizable, pero con escasa precisión).

Este amortiguamiento exterior se obtiene mediante la colocación de un amortiguador o antivibrador, que es un sencillo dispositivo que fijado al conductor vibra con él y al hacerlo así disipa energía de vibración.

Para que así sea debe instalarse en un punto del cable que vibre en todo el margen de frecuencias peligrosas y tener suficiente capacidad de disipación en dicho margen.

Su adición al cable va a distorsionar la deformada de éste, contribuyendo a disminuir la deformación o por el contrario, aumentándola si no está bien diseñado y posicionado.

Contrariamente al autoamortiguamiento del cable, que es un parámetro distribuido, el amortiguador disipa una energía determinada en un punto del cable y su efecto se distribuye en todo el vano.

13.2.1 El amortiguador.

Como previamente indicamos, las vibraciones causan problemas en la línea de transmisión, es por ello que surgen los amortiguadores cuya función principal es evitar que las vibraciones ocurran ininterrumpidamente.

El principio de operación de casi todos los tipos de amortiguadores es el de introducir un elemento diferente en una cuerda homogénea, con lo cual el movimiento armónico simple se rompe; también es posible utilizar el golpe directo en la onda vibratoria cuando la elasticidad del amortiguador lo permite, como es el caso de los del tipo

Stockbridge. Otros tipos de amortiguadores se basan en unir un elemento extraño al conductor en dos puntos de forma que pueden romper la vibración.

Existen varios tipos de amortiguadores que se aplican a nivel mundial. En la empresa electrificadora venezolana CADAPE, se emplean amortiguadores de tipo Stockbridge, de igual forma, la empresa EDELCA en Venezuela utiliza amortiguadores en sus líneas de transmisión de 400 KV, para limitar las vibraciones eólicas a un nivel de 150 microstrains basado en las normativa IEEE Standardizations of Conductor Vibrations Measurements, V 85 1996. Es importante resaltar que a estos dispositivos se les realizan pruebas de laboratorios, para verificar que aun conserven después de cierto tiempo sus características originales.

13.2.2 El amortiguador Stockbridge

El amortiguador Stockbridge es un dispositivo conformado por un cable que porta un contrapeso en cada extremo y una grapa atornillada que puede fijarse a un conductor o un cable de tierra con la intención de amortiguar la vibración eólica. Este es el tipo más usado, un modelo de este amortiguador se observa en la figura 8 siguiente.



Amortiguador. Vibration Damper
Figura 8

Efectivamente, a partir de un cable portador optimizado para máxima disipación con una rigidez preestablecida, en cuyos extremos se fijan

unas masas con formas estudiadas para obtener unos momentos de inercia y un centro de gravedad tales que con la vibración de la grapa se exciten modos a frecuencias distribuidas convenientemente en el margen de frecuencias de proyecto del amortiguador, es decir, del margen de frecuencias peligrosas de una gama de cables de línea.



Variante de amortiguador del tipo stockbridge
Figura 9

El Amortiguador del tipo stockbridge, presenta variantes una de ellas está constituida por dos elementos cilíndricos unidos por un cable de acero el cual a su vez está dotado de un conector para unirlo al conductor, a continuación en la figura 9 se ve una imagen de una de las variantes de este amortiguador.

Ocurre que con un amortiguamiento elevado los picos de las resonancias se achatán, disminuyendo el nivel y ensanchándose, resultando una respuesta de módulo de la fuerza amplia, uniformizada y una respuesta de fase de forma similar que fluctúa poco, es decir, una respuesta de máxima disipación de energía que puede adaptarse a las necesidades de cualquier tamaño de conductor y tense.

En la tabla 1 se indican las distancias típicas recomendadas por los fabricantes para la colocación de amortiguadores según el elemento

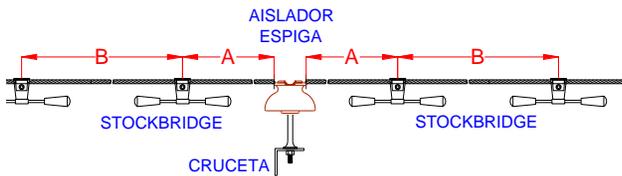
de sujeciones utilizadas sea aislador de espiga, aislador de suspensión o terminales.

TABLA 1			
Separación entre amortiguadores			
Diámetro conductor (mm)		Separaciones (m)	
Mínimo	máximo	A	B
5.46	7.03	0.30	0.76
7.06	8.23	0.38	0.76
8.25	9.42	0.46	0.91
9.45	10.21	0.53	1.07
10.24	11.02	0.61	1.22
11.05	12.22	0.68	1.37
12.14	13.38	0.76	1.52
13.41	14.55	0.84	1.68
14.58	16.15	0.91	1.83
16.18	17.78	0.99	1.98
17.80	19.30	1.07	2.13
19.33	21.08	1.14	2.29
21.11	22.83	1.22	2.44
22.86	24.64	1.29	2.59
24.66	26.80	1.37	2.74
26.82	28.96	1.45	2.89
28.98	31.09	1.52	3.05
31.11	33.10	1.60	3.20
33.12	35.46	1.68	3.35
35.48	38.10	1.75	3.50
38.12	39.37	1.83	3.66

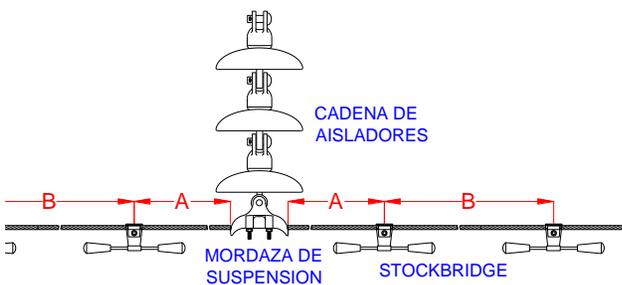
La distancia de separación de los amortiguadores en líneas de con aisladores de suspensión se mide desde el centro de la grapa.

La separación en las líneas de aisladores de espiga se mide de la orilla del aislador. La separación en las líneas con mordazas terminales se mide desde la boca de la grapa terminal. En la figura 10 se puede apreciar según el tipo de

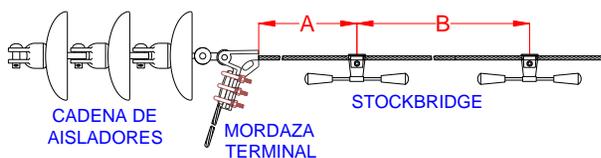
aislador utilizado como deberían ser colocados los amortiguadores en base a las distancias de la tabla 1.



Amortiguadores en suspensión con aisladores tipo espiga



Amortiguadores en sistemas de suspensión



Amortiguadores en sistemas de retención

Instalación de amortiguador stockbrige

Figura 10

En el próximo boletín técnico continuaremos con la tercera y última parte sobre herrajes para líneas de transmisión.