

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

Cables compactados

Los conductores compactados se diseñan de manera que los alambres en la capa exterior tienen forma de sector. Este diseño se obtiene haciendo pasar los conductores convencionales a través de un dado, el cual comprime los hilos exteriores y llena los espacios o intersticios que tienen los trenzados de los conductores convencionales.

El diseño ofrece las siguientes ventajas:

- 1) Reducción en el peso sin reducir el espesor del aislamiento, en cables aislados. El diseño permite reducir los diámetros del conductor (8 a 9%) sin sacrificar el área conductora. El resultado, en el caso de conductores aislados, es de una reducción de 15 al 20% en el peso del aislante, sin variación en el espesor de aislamiento.
- 2) Excelentes características para conexiones y juntas. Una superficie externa lisa y mayor área de contacto aseguran una máxima eficiencia eléctrica y mecánica.
- 3) Mayor resistencia a la deterioración del conductor. La superficie exterior lisa de los conductores desnudos suministra una resistencia extra al deterioro del conductor por abrasión y compresión.
- 4) Reducción de cargas por hielo y viento. Los conductores son menores en diámetro, pero mantienen el esfuerzo a la tracción de los conductores convencionales. Esto hace posible una reducción en las cargas por hielo y viento, obteniéndose una relación tracción/peso mayor.
- 5) Mayor protección en el tiempo en conductores ACSR. La eliminación de las cavidades entre los alambres cableados limita la penetración de contaminantes al interior del cable y, por ello, hasta el núcleo de acero galvanizado.

Por lo general los cables compactados se usan en conductores aislados.

Corrosión:

El aluminio y sus aleaciones son los metales más empleados para líneas de transmisión eléctrica, por ser resistentes a la corrosión atmosférica. Son cientos de veces más resistentes que el acero, varias veces más que el zinc (especialmente en atmósferas urbanas) e igual, o mejor, que el cobre y el plomo en la mayoría de atmósferas.

La película de óxido natural que tienen originalmente en su superficie, se pone más gruesa con la exposición a la intemperie y hace que el régimen de corrosión baje rápidamente con el tiempo en casi todas las atmósferas, menos en las más contaminadas.

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

Cuando entran en contacto con otros metales sin protección, especialmente cuando son de sección transversal delgada, pueden sufrir corrosión galvánica, sobre todo en atmósferas marítimas.

La corrosión producida por las condiciones atmosféricas generalmente pueden dividirse en tres clases, a saber:

- A) La corrosión atmosférica corriente.
- B) La corrosión por atmósfera contaminada.
- C) La corrosión galvánica.

A) La Corrosión Atmosférica Corriente

Las atmósferas rurales no tienen por lo general contaminantes químicos, ni producen corrosión en los metales. El régimen de corrosión se determina principalmente por el período durante el cual la superficie del metal permanece mojada (por lluvia, neblina o rocío) a la temperatura ambiente. La corrosión del aluminio y sus aleaciones en esa clase de atmósfera es insignificante y aún las secciones delgadas tienen duración casi permanente.

El 1350 es la aleación más resistente a la corrosión atmosférica corriente. Incluso es mejor que el 6201. Es por ello que el ACAR es un cable muy bueno ya que tiene alambres 1350 en el exterior, lo que brinda resistencia a la corrosión atmosférica corriente.

B) Corrosión por Atmósfera Contaminada

“Los productos químicos que más aumentan la corrosión en los metales son: La sal arrastrada por el aire cerca del mar, y el dióxido de azufre de combustibles (especialmente el carbón mineral) en las localidades industriales y urbanas. En esa clase de atmósfera el régimen de corrosión depende de la concentración de la sal y/o dióxido de azufre, el período que permanece mojado el metal y la temperatura.

En las atmósferas contaminadas la lluvia frecuente es una gran ventaja, ya que lava los contaminantes de la superficie del metal y diluye sus residuos.

El contenido salino de la atmósfera marítima depende principalmente de la distancia al mar. El contenido de sal baja rápidamente, al grado que en la mayoría de los casos, a dos kilómetros del mar la atmósfera ya no produce corrosión marítima severa. La geografía de la costa y la dirección de los vientos predominantes afectan la distancia.

El humo del carbón mineral suave es el más activo, siguiéndole el humo del carbón mineral duro, el humo del petróleo y, finalmente, los productos combustión del gas.

El aluminio y sus aleaciones resisten perfectamente la corrosión de atmósferas marinas.

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

En estas atmósferas es donde se encuentra la presencia de salitre y/o dióxido de azufre (el cual se encuentra en las minas de carbón). Para este tipo de ambiente se recomienda el uso de ACAR.

C) La Corrosión Galvánica

La corrosión galvánica es el ataque acelerado por uno de dos metales diferentes que están en contacto en presencia de un electrolito (lluvia, condensación de vapor). Es mayor cuando el electrolito tiene alta conductividad eléctrica. En la atmósfera, la corrosión galvánica es más severa a lo largo de las costas del mar, donde las películas de humedad en las superficies metálicas contienen sal arrastrada por el viento. La severidad desciende rápidamente con las distancias al mar y, en la mayoría de las localidades, ya es insignificante a dos, o máximo tres kilómetros del mar. La corrosión galvánica es mucho menos severa en las atmósferas industriales y es insignificante en las atmósferas rurales.

Cuando el aluminio está en contacto con algún metal que no sea magnesio, zinc o cadmio, tiende a sufrir corrosión galvánica. La intensidad aumenta con la conductividad de la película de humedad superficial. Es más severa a lo largo de la costa y menos severa en las atmósferas rurales. El acero inoxidable y el cromado no producen efecto galvánico en el aluminio, excepto en las más intensas atmósferas marítimas.

La corrosión galvánica se presenta en conductores ACSR, en donde el aluminio ataca el zinc del acero. Posteriormente el acero ataca el aluminio y lo destruye. Esto se debe a que unos elementos son más electronegativos que otros (véase la tabla de series galvánicas) y se comportan como una batería. Para evitar esta corrosión se emplea grasa anticorrosiva como separador entre esos metales.

SERIES GALVANICAS	
MAGNESIO	-1.6 a -1.63
ZINC	-0.98 A -1.03
ALEACIONES DE ALUMINIO	-0.70 A -0.90
CADMIO	-0.70 A -0.76
HIERRO FUNDIDO	-0.60 A -0.72
ACERO	-0.60 A -0.70
BRONCE	-0.30 A -0.40
COBRE	-0.28 A -0.36
ALEACION PLOMO-ESTAÑO (50-50)	-0.26 A -0.35
ACERO INOXIDABLE SERIE 400	-0.20 A -0.35
ALEACION COBRE-NIQUEL (90-10)	-0.21 A -0.28
PLOMO	-0.19 A -0.25
ALEACION COBRE-NIQUEL (70-30)	-0.13 A -0.22
PLATA	-0.09 A -0.14
MONEL	-0.04 A -0.14

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

TITANIO Y SUS ALEACIONES	-0.06 A -0.05
PLATINO	+0.25 a +0.18
GRAFITO	+0.30 a +0.20

Medidas Preventivas para Conductores de Aluminio:

1.- Impregnación de los Núcleos de Acero

En el cable ACSR (conductor de aluminio con alma de acero) ocurre apreciable corrosión galvánica solamente en atmósferas marítimas, debido a la combinación de los metales de aluminio, zinc y acero. El aluminio acelera la pérdida de zinc y, una vez éste eliminado, el acero acelera la corrosión del aluminio. En condiciones atmosféricas corrientes, el efecto es insignificante y los registros de instalaciones indican 50 años de servicio satisfactorio con los conductores en buenas condiciones. En atmósferas industriales, la corrosión galvánica del ACSR raras veces se considera como uno de los factores determinantes de la duración efectiva del cable.

La corrosión galvánica del ACSR puede evitarse, en las mayorías de atmósferas contaminadas, impregnando el núcleo de acero con una grasa especial durante su manufactura. La grasa llena los espacios en el conductor, evita la entrada de la humedad y separa los metales.

Características de la Grasa

- a) Debe ser fácil de aplicar durante la manufactura.
- b) Debe ser inofensiva al aluminio, zinc, estaño y cadmio, etc. (metales que posiblemente tengan contacto con el aluminio).
- c) Debe ser impermeable.
- d) Debe tener buena estabilidad dentro de los límites de temperatura de operación.
- e) Debe tener buena adherencia.
- f) Debe ser compatible con los compuestos usados en los empalmes y aceites de estirado.
- g) Debe tener baja sensibilidad a la luz del sol.

Existen diversas formas de aplicación de la grasa las cuales se encuentran en la norma IEC 1089:

Dentro de las ciudades se usa 1350 ó 6201 y en la periferia el 6201. Para las líneas de transmisión se usa ACAR. En vanos largos se usa ACSR (600m) y en vanos muy largos se usa AACSR (800m, 1500m).

Para vanos inclinados se usa ACSR.

Para cables a usar en la costa es recomendable usar ACSR/AW engrasado.

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

LAS VIBRACIONES EOLICAS EN LAS LINEAS AEREAS

“La vibración de los conductores de las líneas de transmisión aéreas, bajo la acción del viento conocida como .vibración eólica, puede causar fallas por fatiga de los conductores en los puntos de soporte.

Es abundante la investigación científica que se ha llevado a cabo y que se efectúa continuamente sobre el problema de las vibraciones en los conductores desnudos.

La información teórica y práctica acumulada durante las últimas décadas, se ofrece en forma práctica para el diseño de líneas de alta tensión.

Se han observado tres tipos de vibraciones eólicas en los cables:

- 1) VIBRACIÓN RESONANTE.
- 2) LA SACUDIDA.
- 3) ROTACIÓN CICLÓNICA

- 1) Vibración Resonante

La vibración resonante ocurre en los cables de las líneas aéreas, sin cambio apreciable de su longitud, de modo que los puntos de apoyo permanecen casi estacionarios. Estas vibraciones son ondas estacionarias de baja amplitud y alta frecuencia.

El esfuerzo flexor que estas vibraciones producen en los puntos de apoyo, combinado con la tracción estática en el cable, el roce entre los alambres de cable y el roce con los accesorios de soporte, puede producir una falla por fatiga en los alambres del cable después de cierto tiempo. Este tipo de desgaste o rozamiento, que produce cierta cantidad de partículas del metal o de óxido, se sabe perfectamente que origina pérdidas de resistencia a la fatiga. Cuando ocurre la vibración, se han observado casos de rotura por fatiga en los soportes en todos los tipos de cables. Estas roturas se han descrito erróneamente debidas a la recristalización del metal. En la actualidad se acepta generalmente que la rotura por fatiga se debe a la fractura progresiva en el plano natural de separación entre los cristales.

Las vibraciones resonantes se producen por vientos constantes de baja velocidad a través de los conductores.

De acuerdo con la teoría de KARMAN, las vibraciones eólicas resultan de torbellinos que se forman en los lados del conductor debido al flujo transversal del viento.

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

La formación alternada de estos torbellinos en lados superior e inferior del conductor, hacen que el aire fluya más rápidamente; primero alrededor de un lado del conductor y luego alrededor del otro. De acuerdo al teorema de BERNOULLI esos aumentos intermitentes del flujo del aire están acompañados por disminuciones de presión, las cuales producen fuerzas alternas, hacia arriba y hacia abajo, produciéndose de este modo la vibración del conductor.

Todo conductor tiene una acción imitadora de la vibración o “auto-amortiguación”, la cual aumenta con la frecuencia y amplitud de la vibración y disminuye con la tracción.

Los vientos que producen vibraciones resonantes peligrosas, tienden a ser constantes. Normalmente vientos de 3 km/h no producen vibraciones resonantes y los de 25 km/h tienden a producir ráfagas.

Los vientos turbulentos producen diferentes frecuencias en los conductores y las vibraciones no se mantienen por interferencia de las diferentes frecuencias. Vientos de baja velocidad interrumpidos por edificios, árboles o montañas se transforman en turbulentos y normalmente no tienden a iniciar vibraciones.”

Si la tensión no se pasa de un 18% de la carga de rotura del conductor, no se requiere amortiguadores en la línea. En distribución, por lo general, no se colocan amortiguadores.

Distintos Métodos para Reducir las Vibraciones Resonantes:

a) Tracción en el conductor

Como se dijo anteriormente, la auto-amortiguación del conductor hace que la vibración se produzca más fácilmente cuando el cable está sometido a alto esfuerzo mecánico.

Esto sugiere reducir la tracción como medio de combatir la fatiga.

Esta solución es adecuada tratándose de líneas de distribución, que por lo general tiene vanos cortos.

En líneas de transmisión sería antieconómico poner vanos cortos, por lo tanto no se sigue esta norma en toda su extensión.

b) Varillas de armar

Las varillas de armar son un refuerzo para el conductor en los puntos de soporte; este consiste en una capa de varillas colocadas en forma helicoidal alrededor del cable en los puntos de apoyo. Con este refuerzo se reduce la amplitud de las vibraciones debido al aumento del diámetro del conductor.

Registros comparativos indican que reduce la amplitud de las vibraciones de 10% a 20%.”

Otras ventajas de la varilla de armar son las siguientes:

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

- 1) Protegen al conductor de quemaduras causadas por arcos.
- 2) Protegen a los conductores de líneas antiguas del roce con el aislador de espiga.

Hay tres tipos de varillas:

- 1) Varillas rectas cilíndricas.
- 2) Varillas rectas ahusadas.
- 3) Varillas preformadas cilíndricas.

1) La varilla cilíndrica se usa en cables delgados y requiere herramientas especiales para su instalación.

2) La varilla recta ahusada está diseñada para calibres gruesos y requiere herramientas especiales para su instalación.

3) La varilla preformada cilíndrica tiene la ventaja de su aplicación sencilla, especialmente en los conductores de calibre pequeño. No requiere herramientas especiales para su aplicación.

c) Amortiguadores

Cuando se sabe que hay o se esperan vibraciones resonantes, es necesario usar amortiguadores además de las varillas de armar.

El amortiguador STOCKBRIDGE es uno de los más populares en Venezuela y se ha comprobado su alta eficiencia, siempre que se instale correctamente. Si estos amortiguadores y el conductor pueden disipar la energía con mayor rapidez que la recibida por efecto del viento, las vibraciones residuales en el vano serán de amplitud insignificante.

Para que el amortiguador sea efectivo se debe colocar lo más separado de los nodos.

Para vanos hasta 365 m. dos amortiguadores por vano (uno en cada extremo) son suficientes.

Vanos mayores de 365 m. pueden requerir dos amortiguadores en cada extremo, vanos mayores de 670m pueden requerir hasta tres amortiguadores en cada extremo. En casos excepcionales donde no es suficiente usar tres amortiguadores, se colocarán a lo largo del vano amortiguadores adicionales.”

2) La Sacudida

Otro tipo de vibración en los conductores es la comúnmente llamada “sacudida”, que es una oscilación de baja frecuencia y larga amplitud, en la cual los puntos de soporte se mueven longitudinalmente el uno con respecto al otro. Aunque este tipo de oscilación no ocurre con frecuencia, se ha observado y registrado. Generalmente comienza por efecto del viento sobre secciones irregulares de hielo y nieve en los conductores. El temblor producido por el viento sobre dichas secciones es amplificado por la acción de los aisladores de cadena y por los

CORROSION Y VIBRACIONES EN LINEAS AEREAS

postes y torres de soporte. En algunas ocasiones las oscilaciones verticales en los tramos de cientos de metros de largo suelen medir de 4.5 a 6 metros. En esos casos la velocidad del viento generalmente es bastante alta, aproximadamente 40 a 48 km/h.

Todavía no hay ningún método práctico para eliminar la sacudida. Es probable que se pueda desarrollar algún dispositivo para evitar ese tipo de oscilación, pero no se sabe con seguridad si el costo de la instalación de dicho dispositivo puede justificarse, en vista de que este fenómeno no ocurre con frecuencia. Pero hay algunos casos, sin duda, como en los cruces de ríos que requieren tratamiento especial. Aún no se sabe exactamente qué tipo de dispositivo se requiere para estos lugares.

Una sacudida especial se desarrolla cuando una carga de hielo o nieve muy pesada se desprende del tramo. En tales casos, el conductor salta hacia arriba debido a su propia elasticidad. Si los extremos del tramo son terminales, la violencia del salto del conductor no es muy fuerte y el trastorno se amortigua rápidamente. Pero si los extremos del tramo están suspendidos con cadenas de aisladores, los tramos contiguos reciben el movimiento y lo transmiten a las torres. Como resultado, este tipo de salto frecuentemente produce trastornos e inicia violentas oscilaciones en muy largas distancias en las líneas.

La sacudida y el "salto por hielo" no dañan a los conductores materialmente, ni ninguna otra parte de la línea, excepto que haya peligro de que los conductores se toquen produciendo cortocircuitos, dañando y, hasta posiblemente, quemando los conductores. Al igual que con la sacudida, no se ha perfeccionado ningún método satisfactorio para eliminar el "salto". El mismo tipo de dispositivo que elimina la "sacudida" también será efectivo para eliminar el "salto".

3) Rotación Ciclónica

"Otra forma de trastorno violento en las líneas de transmisión se debe a condiciones localizadas donde el aire está rarificado, o donde se ha producido el vacío parcial por efectos de vientos de altas velocidades y de carácter ciclónico, cerca de los conductores.

Esta acción del viento tiende a levantar los conductores y, habiendo neutralizado el efecto de gravedad, los conductores quedan libres para mecerse al azar en cualquier dirección, obedeciendo los impulsos del viento.

El resultado es una rotación violenta en los conductores, con peligro que se toquen y se dañen por el arco voltaico. Cualquier remedio, para que sea efectivo, requiere estudio cuidadoso de las condiciones locales para cada caso.

Las breves observaciones anteriores no abarcan todo el ramo de las vibraciones en los conductores de las líneas de transmisión, pero el objeto es indicar los diferentes tipos de vibraciones que se sabe ocurren en los conductores como resultado de la acción del viento. La vibración más común de todas es naturalmente, la vibración resonante mencionada primeramente y el objeto principal de este artículo es presentar la manera adecuada de evitar fatiga de los conductores en los soportes, debido a esta causa."