TEMA 32

AISLADORES Y HERRAJES

32.1. AISLADORES. GENERALIDADES.

Los cables que constituyen una línea eléctrica aérea van unidos a los apoyos mediante unos aisladores, sujetos al poste mediante unos herrajes. El conjunto debe aislar perfectamente al cable de tierra. La unión de los conductores a los aisladores y de estos a los postes, se efectúa mediante unas piezas metálicas denominadas *herrajes*.

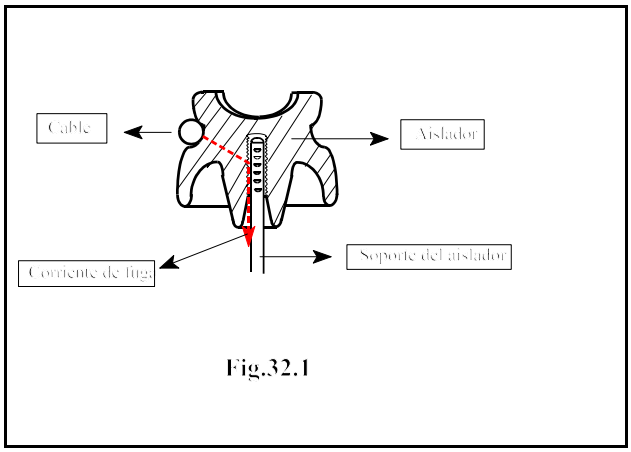


Fig.32.1

En definitiva el aislador debe evitar que la corriente pase del cable conductor al poste. El paso de la corriente a través del aislador puede producirse de cuatro formas:

☞ *Por conductividad de masa*. Se trata del paso a través de la masa del aislador, en forma de corriente de fuga. Este valor es en la práctica despreciable (Fig.32.1).

☞ *Por conductividad superficial.* Se trata del paso que se produce por contorneo de la parte exterior del aislador. Esto se debe a la acumulación en la superficie del aislador de humedad, polvo, etc. Para evitarlo se dota al aislador de una forma en campana que disminuye este efecto hasta límites seguros (Fig.32.2).

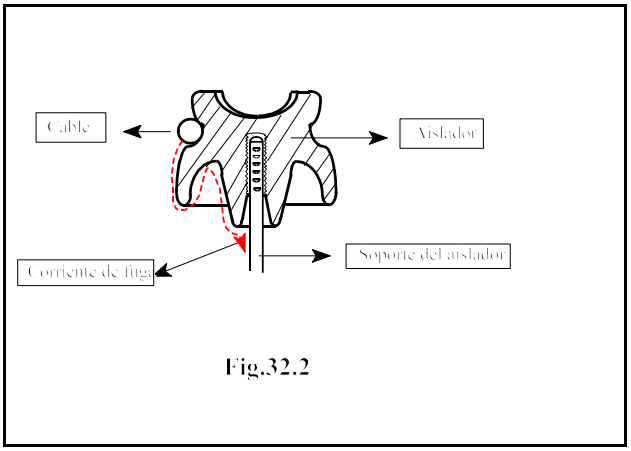


Fig.32.2

☞ *Por perforación de la masa del aislador.* Este fallo no es frecuente en tensiones bajas, pero puede tener importancia en tensiones altas. Para evitarlo se suelen fabricar aisladores formados por varias piezas unidas por una pasta especial, con lo que el fallo en el proceso de fabricación es más difícil de producirse (Fig.32.3).

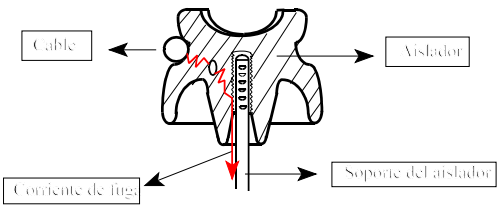


Fig.32.3

☞ *Por descarga disruptiva a través del aire.* Este fallo consiste en la formación de un arco entre el cable conductor y el soporte del aislador a través del aire. El fallo se produce cuando la rigidez dieléctrica del aire disminuye sensiblemente como consecuencia de la lluvia. Para evitar el fallo se diseñan los aisladores convenientemente, con varias campanas, lo que aumenta notablemente la diferencia de potencial necesario para que se produzca la descarga (Fig.32.4).

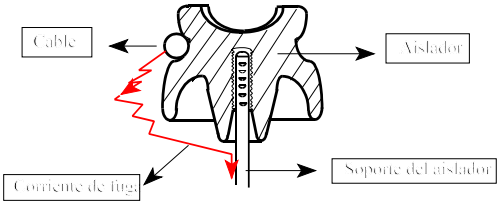


Fig.32.4

32.2. MATERIALES CONSTITUTIVOS DE LOS AISLADORES.

De acuerdo con el Reglamento[1] los aisladores en las líneas aéreas pueden ser de porcelana, vidrio o cualquier material que cumpla con las especificaciones requeridas.

Los materiales más utilizados son:

☞ *Porcelana.* Está constituida por caolín y cuarzo. Se tratan a una temperatura de 1.400ºC y se recubren posteriormente de una capa de esmalte de silicato, sometiéndose posteriormente a un proceso de recocido para lograr el vidriado exterior. Se pueden obtener esmaltes blancos o de color castaño.

☞ *Esteatita.* Se prepara a partir de una pasta con gran contenido de talco, que, por cocción, se convierte en cristales de silicato magnésico. Se añade pequeñas cantidades de óxidos de hierro, con lo que se obtienen colores gris o castaño. La resistencia mecánica de la esteatita es el doble que

[1] Artículo 11 del Reglamento Técnico de Líneas Aéreas de Alta Tensión.

la porcelana, en los aisladores para líneas eléctricas. Como inconveniente está su coste que, es mayor que la porcelana.

☞ *Vidrio.* Se prepara a partir de una mezcla de ácido silícico con óxidos de calcio, sodio, bario, aluminio... fundiéndose a temperaturas de 1.400ºC, aproximadamente. Tiene un color verde oscuro característico. Es más barato que la porcelana, pero su coeficiente de dilatación es más grande, con lo que las variaciones de las temperaturas le afecta. No se puede trabajar en formas complicadas.

La Tabla 32.1, resume las características de estos materiales.

Tabla 32.1. Característica de materiales que se utilizan para la fabricación de aisladores.

Material	*Densidad ($kg.dm^{-3}$)*	*Resistencia a la tracción ($kg.cm^{-2}$)*	*Resistencia la compresión. ($kg.cm^{-2}$)*	*Resistencia a la flexión ($kg.cm^{-2}$)*	*Módulo de elasticidad ($kg.cm^{-2}$)*	*Coeficiente de dilatación lineal α*	*Rigidez dieléctrica a 50 Hz ($kV.mm^{-1}$)*	*Constante dieléctrica a 50 Hz ε*	*Factor de pérdidas a 50 Hz 10^{44} tg δ*	*Resistividad a 20ºC ($\Omega.cm^{-1}$)*
Porcelana	*2,35*	*300 a 450*	*4000 a 4500*	*400 a 800*	*0,7 a $0,8.10^{6}$*	*3,4 a $4,5.10^{-6}$*	*30 a 35*	*5,5 a 6,5*	*170 a 250*	*10^{14} a 10^{15}*
Esteatita	*2,65*	*550 a 850*	*8500 a 9500*	*1200 a 1400*	*0,9 a $1,1.10^{6}$*	*7 a 9.10^{-6}*	*20 a 30*	*5,5 a 6,5*	*25 a 30*	*10^{14} a 10^{15}*
Vidrio	*2,2 a 2,8*	*400 a 800*	*6000 a 10000*	*1000 a 2500*	*600000*	*8 a $9,4.10^{-6}$*	*16 a 45*	*3 a 10*	*80*	*10^{11} a 10^{17}*

32.3. CONDICIONES QUE TIENEN QUE CUMPLIR LOS AISLADORES.

Los aisladores que se emplean en las líneas aéreas deben cumplir las siguientes condiciones:

a) *Rigidez dieléctrica.* Deben tener una rigidez dieléctrica suficiente, de forma que no se pueda perforar por sobretensiones.

b) Forma. Deben tener una forma adecuada para evitar la corriente de contorneamiento.

c) Corriente de fuga. La corriente de fuga debe ser despreciable, incluso en las condiciones más desfavorables.

d) Resistencia mecánica. Deben tener una resistencia mecánica suficiente para que la seguridad sea máxima. Por tanto la carga de rotura del aislador debe ser, como mínimo, igual a la del cable que soporta.

e) Duración. Debe presentar un efecto de envejecimiento lo menor posible.

32.4. CARACTERÍSTICAS DE UN AISLADOR.

Las características que deben comprobarse en una aislador son:

- ⇨ Línea de fuga.
- ⇨ Distancia disruptiva.
- ⇨ Tensión de corona.
- ⇨ Tensión disruptiva, en tiempo seco, a la frecuencia normal.
- ⇨ Tensión disruptiva, en tiempo lluvioso, a la frecuencia normal.
- ⇨ Tensión disruptiva, con ondas de sobretensión de frente recto.
- ⇨ Tensión de perforación.
- ⇨ Carga de rotura mecánica.
- ⇨ Carga de rotura combinada electromecánica.
- ⇨ Peso.
- ⇨ Forma y medida.

Línea de fuga. Distancia sobre la superficie del aislador, entre el cable y el soporte del aislador (Fig. 32.5).

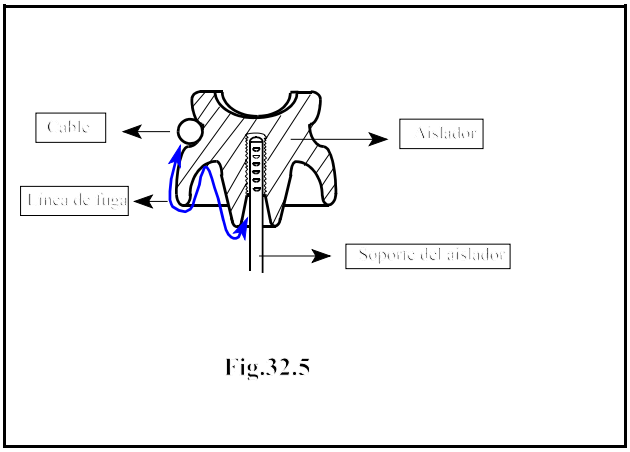


Fig.32.5

Distancia disruptiva. Distancia en el aire entre el cable y el soporte del aislador, en condiciones para los ensayos de tensión disruptiva (Fig. 32.6).

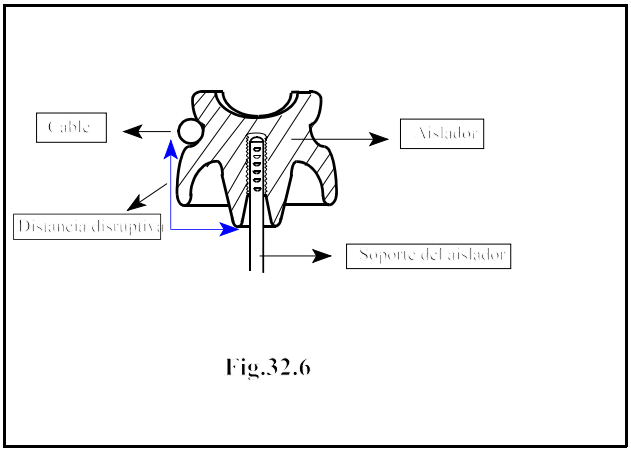


Fig.32.6

Tensión de Corona. Expresada en kV, el valor eficaz de la tensión, a la que deja de ser visible, en la oscuridad, toda la manifestación debido al efecto corona.

Tensión disruptiva. Expresada en kV, es el valor eficaz de la tensión a la que se produce la descarga disruptiva o descarga por contorneamiento.

Tensión disruptiva, con ondas de sobretensión de frente recto. El valor de cresta de la tensión de onda, en kV, en que se produce la descarga disruptiva.

Tensión de perforación. Expresada en kV, es el valor eficaz de la tensión a la que tiene lugar la perforación del aislante.

Carga de rotura mecánica. Expresada en kg, es la carga a la que tiene lugar la rotura del aislador, o de un herraje, en las condiciones en que se fije el ensayo.

Carga de rotura electromecánica. Expresada en kg, es la carga a la que el aislador deja de cumplir sus cometidos, eléctrico o mecánico, cuando el aislador está sometido a la acción conjunta eléctrica y mecánica.

32.5. TIPOS DE AISLADORES.

Los más usuales son:

✏ *Aisladores de apoyo.*

✏ *Aisladores de suspensión.*

32.6. AISLADORES DE APOYO.

Por lo general tienen forma de campana; de una o de varias piezas. La forma de estos aisladores se debe a evitar las fugas superficiales (Fig.32.7).

Cuanto mayor sea la tensión de servicio del cable que soporta el aislador mayor será la longitud necesaria para las líneas de fuga, en consecuencia mayor deberá ser el tamaño de las campanas, y por ende del propio aislador.

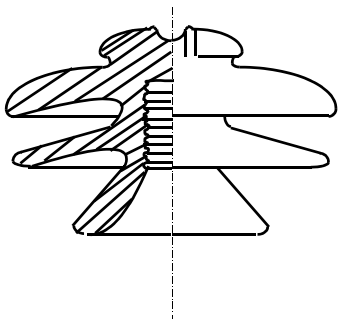


Fig.32.7

32.7. AISLADORES DE SUSPENSIÓN.

En estos tipos de aisladores el cable está unido al aislador, el cual pende del apoyo (Fig.32.8).

Estos aisladores son más caros que los de apoyo y solamente son competitivos respecto de éstos a partir de los 70 kV. Sin embargo, debido a sus numerosas ventajas, se han adoptado para

tensiones de servicio de hasta 10 kV; aunque en este caso sean de menores dimensiones que los que se emplean para grandes tensiones.

Entre sus ventajas estriba el que se pueden preparar cadenas para diferentes tensiones, variando simplemente el número de aisladores de cada cadena. Otra ventaja es el montaje, ya que se pueden ir colocando los elementos según la tensión de servicio, así como la reparación, que se realiza solamente en el elemento, o elementos defectuosos de cada cadena.

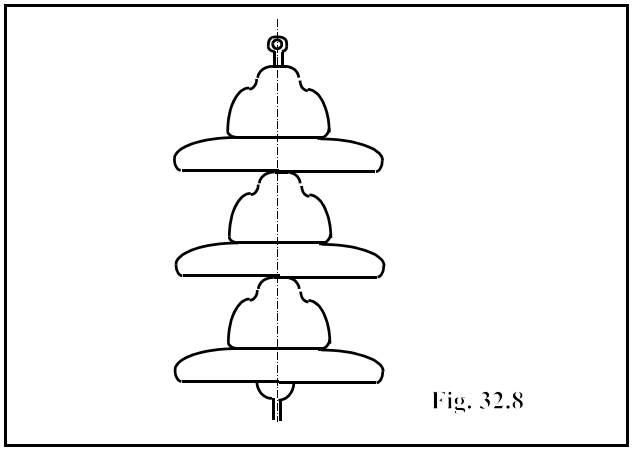


Fig. 32.8

También se pueden aprovechar los aisladores de una línea, si ésta aumenta de tensión, ya que en éste caso simplemente se incrementará el número de elementos de cada cadena.

Se aumenta la seguridad respecto a la perforación.

Su mayor distancia respecto al punto de fijación hace que sean menores los averías por cortocircuito.

Permiten lograr la igualdad de tensión mecánica en todos los vanos comprendidos en cada tramo, es decir entre cada dos apoyos de anclaje.

32.8. MATERIALES PARA HERRAJES.

El Reglamento indica que se considera bajo esta denominación todos los elementos utilizados para la fijación de los aisladores al apoyo y al conductor; los de fijación del cable de tierra al apoyo; los elementos de protección eléctrica de los aisladores y, finalmente, los accesorios del conductor, como separadores, antivibradores, etc.

Los herrajes serán de diseño adecuado a su función mecánica y eléctrica y deberán ser particularmente inalterables a la acción corrosiva de la atmósfera, muy particularmente en el caso que fueran a temerse efectos electrolíticos.

Las grapas de amarre del conductor deben soportar una tensión mecánica en el cable del 90 por 100 de la carga de rotura del mismo, sin que se produzca su deslizamiento.

En el diseño de los herrajes empleados en líneas de muy alta frecuencia, se tendrá muy presente su comportamiento en el fenómeno de efecto corona.

Los materiales empleados para la fabricación de herrajes son los siguientes:

➢ Perfiles laminados de acero suave al carbono.

➢ Fundición maleable.

➢ Acero fundido.

➢ Aluminio y sus aleaciones.

➢ Cobre y sus aleaciones.

➢ Plomo.

32.9. CONDICIONES MECÁNICAS DEL HERRAJE.

En los herrajes tiene mucha importancia el coeficiente de seguridad mecánica, que consiste en la relación entre la carga de rotura mecánica y el esfuerzo mecánico máximo a que debe estar sometido el herraje. Según la legislación española, este coeficiente de seguridad no puede ser inferior a 3, respecto a la carga mínima de rotura.

32.10. HERRAJES PARA LOS AISLADORES DE APOYO.

Para fijar los aisladores de apoyo a los postes; directamente o a través de crucetas, se emplean herrajes, que deben ser de buena calidad, evitando la oxidación y siendo capaces de resistir esfuerzos mecánicos.

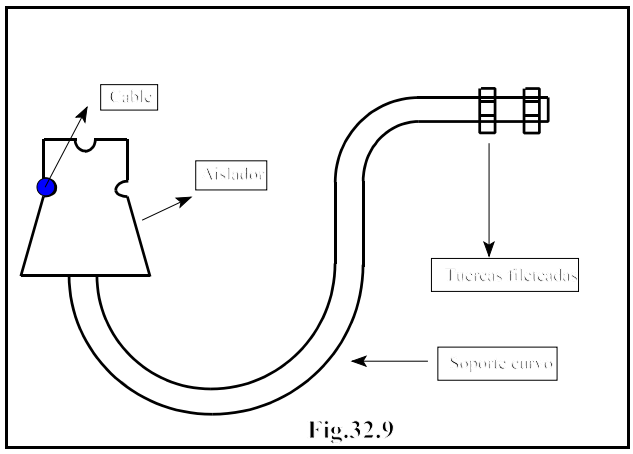


Fig.32.9

Se utiliza perfil de sección redonda, aunque en algunos casos se puede usar perfil de sección cuadrada.

Los soportes para aisladores de apoyo se pueden clasificar de las siguientes formas:

☞ Fijación por rosca de madera para atornillarse directamente al apoyo o a la cruceta.

☞ Fijación por tuercas fileteadas, para apoyos o crucetas metálicas.

☞ Fijación por vástago de anclaje, para fijar a cruceta de hormigón.

32.11. HERRAJES PARA APOYOS DE SUSPENSIÓN.

Para la fijación de los aisladores de suspensión a las crucetas se utilizan una gran variedad de procedimientos, todos mediante herrajes de acero galvanizado. La variación tan grande de los herrajes empleados hace que sea imposible reseñarlos todos, no obstante se pueden dividir en dos grandes grupos:

- ☞ Herrajes para aisladores de tetón.
- ☞ Herrajes para aisladores de charnela.

32.12. CRUCETAS.

La cruceta es elemento que permite la unión de los aisladores con el apoyo. Estas crucetas o travesaños se montan a distancia conveniente para obtener la separación necesaria entre los cables conductores.

Cuando se trata de aisladores de apoyo, estos se unen al poste mediante los soportes de los aisladores, debidamente atornillados. Pero si se trata de aisladores de cadena la fijación de éstos se realiza mediante crucetas a las que van colgados.

Las crucetas se pueden construir de:

- ☞ Madera.
- ☞ Hierro laminado.
- ☞ Hormigón armado.

Si el poste es de madera, se utiliza, sobre todo, madera o hierro, en los postes metálicos exclusivamente el hierro, y si el poste es de hormigón, el hierro o el hormigón armado.

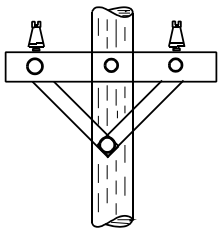


Fig. 32.10

En la Fig.32.10 se representa una cruceta de madera para un poste también de madera. La fijación de la cruceta al poste se hace mediante tornillos.

La Fig.32.11 representa un poste de hormigón armado con crucetas de hormigón armado incorporadas.

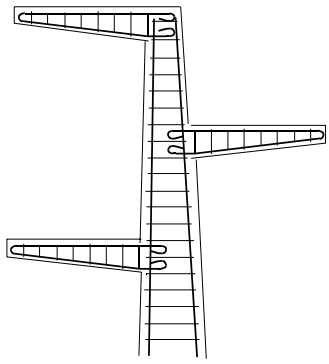


Fig. 32.11