

Una metodología para el diseño del aislamiento en una línea de transmisión

Segunda parte

INTRODUCCIÓN

Tratamos en el artículo anterior lo relativo a los sobrevoltajes a que están sometidas las cadenas de aisladores y algunas curvas características del comportamiento de las mismas.

Ahora enfocaremos nuestra atención en algunos aspectos que se deben tener en cuenta en el diseño del aislamiento de una línea de transmisión.

1. Influencia de la densidad del aire sobre la resistencia eléctrica del aislamiento en una línea de transmisión

La resistencia eléctrica del aire y la de la porcelana en los sistemas de aislamiento está afectada por las variaciones en la presión barométrica, la temperatura y la humedad. Para asegurar un voltaje sostenido en el servicio, el voltaje de flameo crítico (CFO) obtenido para condiciones estándar a nivel del mar se debe aumentar de acuerdo a los factores correspondientes a las condiciones de servicio. La influencia de estos factores ejerce un profundo efecto sobre el aspecto económico de la línea de transmisión.

El grado en que estos factores de corrección puedan influenciar los requerimientos de diseño se ilustra en la siguiente ecuación:

$$(CFO)_{ce} = V_{sc} \times K_1 \times K_2 \times K_3 \times K_4 \times K_5$$

Donde:

$(CFO)_{ce}$	Voltaje crítico de flameo a condiciones estándar
V_{sc}	Voltaje sostenido (voltaje de "aguante") a las condiciones de servicio
K_1	Relación de CFO al voltaje sostenido
K_2	Corrección por densidad del aire
K_3	Corrección por temperatura (independiente de la densidad del aire)
K_4	Corrección por humedad
K_5	Relación de CFO en seco a CFO en húmedo

Existe un rango considerable de incertidumbre para estos factores de corrección. En particular, la corrección más significativa, para la aplicación a grandes alturas es el producto $K_1 \times K_2$, el cual a 1500m. puede llegar a 1.30. Este producto es incierto por varias razones:

K_2 se calcula como $1/RAD^n$, donde RAD es la densidad relativa del aire:

$$RAD = \frac{17.95P}{460+T}$$

Donde:

P	Presión barométrica en pulgadas de Hg.
T	Temperatura del aire en grados Fahrenheit

El exponente n no es constante y puede variar (fig. 2) con la longitud del aislamiento, la configuración de la torre y la precipitación.

La desviación estándar del voltaje de flameo (así como la relación CFO de voltaje sostenido) también puede variar con la longitud del aislamiento, configuración de la torre, precipitación y altura.

2. Influencia de la temperatura

Se ha comprobado experimentalmente que existe un efecto significativo de la temperatura sobre la densidad relativa del aire.

3. Influencia de la humedad

Así mismo se ha comprobado que los factores de corrección por la humedad son más pequeños para las ondas de voltaje por accionamiento que para las ondas de impulso (ver figura 1).

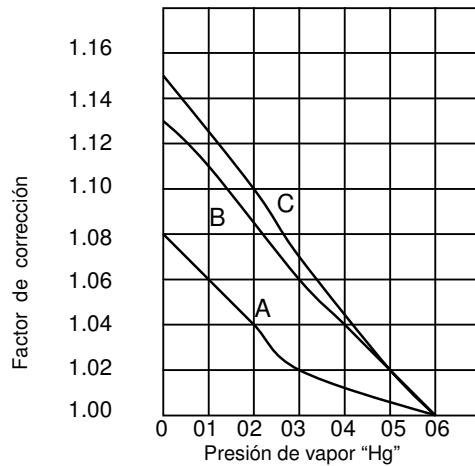


Figura 1. Factores de corrección por humedad: (A) para ondas por accionamientos, (B) para impulsos negativos, (C) para impulsos positivos.

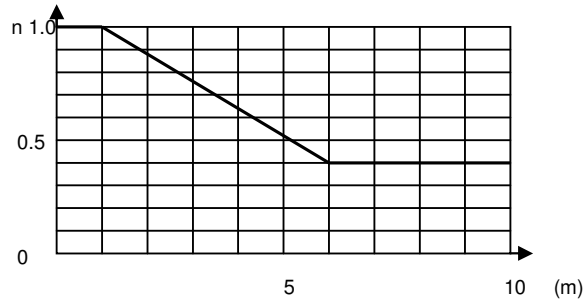


Figura 2. Valores del exponente n para corrección por densidad de aire como una función de la distancia en metros.

4. Influencia de las condiciones superficiales de los aisladores

Influencia de la lluvia. La lluvia reduce el voltaje de descarga disruptivo considerablemente para las ondas de baja frecuencia y las ondas por accionamiento pero su efecto es leve sobre las ondas por descargas atmosféricas.

La contaminación es producida por una gran variedad de agentes (ver boletín No 5 "Consideraciones en la selección de aisladores bajo condiciones de contaminación atmosférica"), la cual cuando se humedece puede reducir a la mitad, o a un cuarto, el valor del voltaje de flameo de baja frecuencia de la porcelana, dependiendo de la densidad del depósito contaminante y de la frecuencia de lavado por lluvia. Una guía aproximada para el diseño del aislamiento en condiciones de contaminación es la distancia de fuga por kV r.m.s. del voltaje de operación línea – línea; ella varía entre 15 y 30 mm. para casos de contaminación leve y fuerte respectivamente.

En general, para aisladores de suspensión estándar, la distancia de fuga es dos veces el espaciamento; para aisladores tipo niebla el factor de tres veces es aceptable.

El voltaje de flameo por maniobra es aproximadamente dos veces el voltaje pico de flameo de baja frecuencia para las mismas condiciones de contaminación, asumiendo que el aislador no es simultáneamente energizado a baja frecuencia. En situaciones de esfuerzos combinados el diseño por baja frecuencia es normalmente adecuado, haciendo que el sobrevoltaje por maniobra no exceda 1.9 veces el voltaje pico nominal.

Los sobrevoltajes por descargas atmosféricas (impulsos de $1.2s \times 50\mu S$) son menos críticos y las distancias del aire, para este tipo de ondas, no se afectan por la contaminación.

5. Aplicación al diseño de las líneas de transmisión

12.5

(RAD)^{0.7}

Ondas por accionamiento:

Los voltajes de flameo de polaridad negativa son mayores que los voltajes de flameo de polaridad positiva.

Por consiguiente, para el diseño del aislamiento de las líneas el requerimiento crítico será la resistencia al flameo de polaridad positiva.

Para establecer las relaciones entre los voltajes sostenidos y CFO, es necesario determinar dos cosas:

1. La desviación estándar.
2. El nivel de confiabilidad requerido y así el número de desviaciones estándar que serían sustraídas del voltaje CFO para establecer un voltaje sostenido real.

Para ondas de impulso:

Se recomienda que para consideraciones de diseño por ondas de impulso, n sea igual a la unidad, con una desviación estándar del 2%.

6. Conclusiones

Para ondas por accionamiento:

1. Los siguientes factores para corrección por densidad del aire son aplicables al diseño de líneas de transmisión:

Longitud del aislador o separación mínima, f_t	Factor de corrección
5.0	(RAD) ^{1.0}
7.5	(RAD) ^{0.9}
10.0	(RAD) ^{0.8}

2. La corrección por densidad de aire es la misma para condiciones en húmedo y en seco.

3. Las condiciones por densidad de aire son aproximadamente las mismas para distancias de aire y para aisladores.

4. El efecto de la densidad de aire decrece con el aumento de la longitud y se incrementa por la proximidad a los planos de tierra.

5. Las ondas por accionamiento de polaridad negativa producen voltajes de flameo mayores que los de polaridad positiva. De acá, que los accionamientos de polaridad positiva determinan el criterio que se seguirá en el diseño de líneas de transmisión.

Para ondas de impulso:

La corrección por densidad de aire que se usaría en el diseño de líneas de transmisión para ondas de impulso es (RAD)^{1.0}.

7. Bibliografía

T. A. Philips, Lawrence M. Robertson, Albert Rohles and Richards L. Thompson, "Influence of air density on electrical strength of transmission line insulation", IEEE Trans. power apparatus and systems, Vol. pas. 86. pp. 947-961, August 1967.

W. Disendorf, "Insulation Co-ordination in high voltage electrical power systems"

Si desea cambiar su dirección electrónica, suscribir a un colega, solicitar ediciones anteriores o borrarse de la lista de distribución, envíenos un mensaje a:

carango@gamma.com.co

Atn Ing. Claudia Arango Botero.

Visítenos en nuestra página Web: <http://www.gamma.com.co> o www.corona.com.co