

Seminario Introdutorio

18

5

18



16

hs

**“Como Adaptarnos al
Cambio Climático en Misiones”**

**DESCARGAS ATMOSFERICAS
SOBRETENSIONES DE ORIGEN
ATMOSFERICO**

**MEDIDAS DE MITIGACION
COORDINACION DE LA AISLACION**

PRIMERA PARTE

CONFORMACION DE LAS DESCARGAS ATMOSFERICAS

DESCARGAS ATMOSFERICAS

SOBRE LINEAS Y ESTACIONES TRANSFORMADORAS

(SOBRETENSIONES ATMOSFERICAS

EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA)

NATURALEZA DEL RAYO

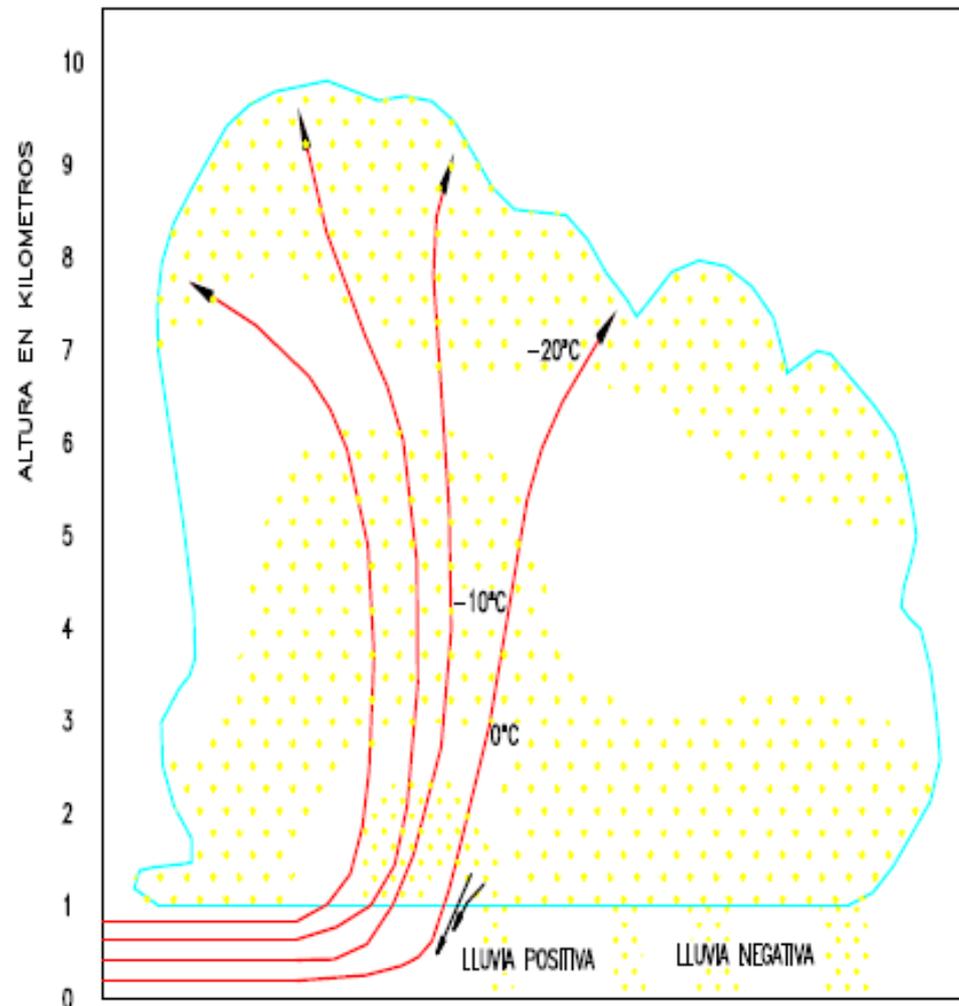
Presenta un Leader (canal) descendente, que se mueve de a saltos de 50 metros, cada salto dura de 13 a 50 μs , su velocidad lenta de 0,10% de la de la luz (300.000 km/s), no es visible, corrientes de entre 50 y 200 A, y potencial de 50 MV.

Se genera el Leader ascendente el cual drena a tierra la carga espacial creada por el leader descendente.

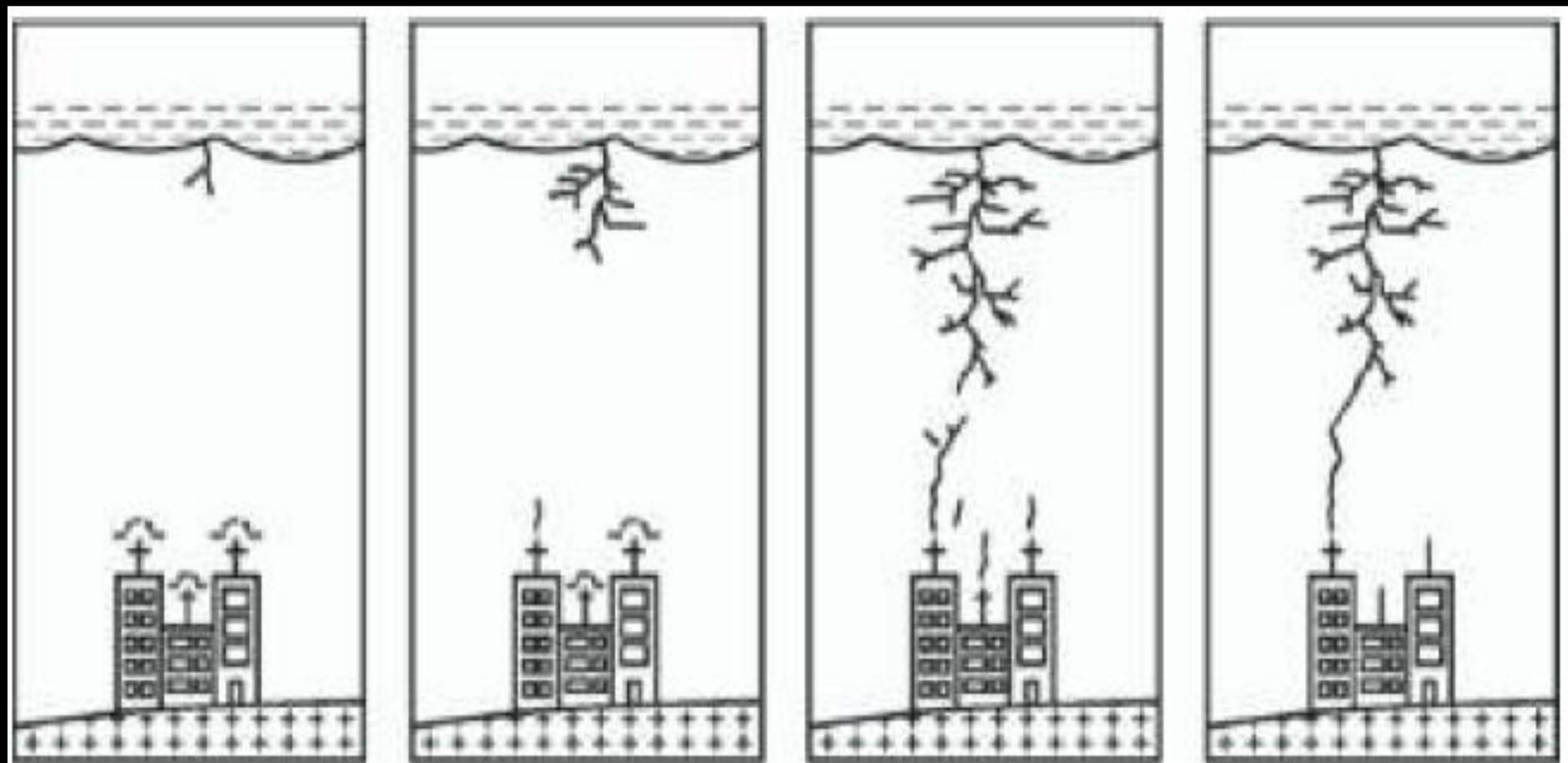
Velocidad del orden del 10% al 30% de la de la luz, es visible a los ojos, Intensidades de hasta 200 kA, (media de 30kA), temperatura 5 veces superior a la del sol, originando ondas de presión, produciendo el trueno. (Tempratura del sol 29000 °C)

La corriente se produce por la carga espacial y no por la carga de la nuve

Cúmulus Nimbus.
1000 a 12000 metros.
Vientos 300 K/h.
Cargas + y -.
1/2 a 1/3 de velocidad
de la luz.
80 metros.
Kapitza.



Polaridad: el 85 al 95 % de los rayos que caen son negativos. La mayoría de los rayos de polaridad positiva solo tiene una sola descarga.



Normalmente las descargas de polaridad positiva suelen ser muchos más severas y suelen recorrer mayor distancia.

Si bien no se conoce en forma detallada el modo en que se separan las cargas, si se sabe que la condición para la formación de nubes cargadas es el choque entre una corriente de aire cálido y una corriente de aire frío.

Durante éste choque se producen corrientes verticales ascendentes y descendentes que son capaces de separar los electrones en las moléculas de aire. Éstas cargas libres se alojan en las gotitas de agua o de granizo de la nube produciéndose así una separación efectiva de cargas.

En el momento en que comienza la descarga el campo eléctrico a nivel de tierra suele situarse:

$15 \text{ kv/m} \leq E \leq 25 \text{ kv/m}$.

- Se produce una ruptura preliminar en la nube, lo cual da lugar a la formación del líder descendente (STEPPED LEADER).

El líder descendente es un canal ionizado negativamente que avanza buscando conectar con la tierra, la cual se encuentra con polaridad positiva por inducción.

- Rayo positivo de tierra a nube.
- Rayo positivo de nube a tierra.
- Rayo negativo de tierra a nube.
- Rayo negativo de nube a tierra

Cuando el líder, está por dar el último salto, la introducción sobre los objetos de tierra alcanza para que estos, a su vez, generen líderes ascendentes (de polaridad positiva) que salen en busca del líder descendente.

Por lo general son los objetos con formato en punta como antenas, árboles, vértices de los edificios, etc, los que son capaces de liberar el líder ascendente. Todos ellos compiten para conectar y aquel que llega primero se transforma en el punto de impacto del rayo.

Completando este proceso se puede decir que la nube se encuentra en cortocircuito con la tierra y entonces se desarrolla la descarga principal.

La tierra comienza a enviar una corriente (conocida como onda de retorno), que neutraliza al líder y una porción de la nube.

Esta es la parte destructiva de la descarga porque se desarrollan picos de corrientes muy altos. En promedio el pico puede ser de 30 KA pero puede oscilar desde unos pocos Ka hasta 200 KA.

Normalmente aquí no termina el proceso. Como la nube no es neutralizada completamente suele haber otro líder descendente, que ahora progresa en forma continua, otra onda de retorno y así sucesivamente (valor típico 5 descargas). Estas descargas posteriores circulan por el mismo camino establecido por la primera descarga.

Descargas subsiguientes:

Otra porción de la nube descarga a tierra, se la observa a simple vista, el camino ya está ionizado por lo que la velocidad es mayor. La corriente es alrededor del 40 % de la primera descarga.

El 45% de los rayos presentan solo una descarga y el 55% de las descargas esta compuesta por más de un rayo, hasta 54% de; promedio de tres rayos por descarga, y con una separación de 45 milisegundos

Hay escasa correlación entre la amplitud del primer rayo y los subsiguientes. Presentan un frente de onda mas abrupto. Para descargas de poca amplitud (hasta 20 kA) hay un 12% de probabilidad de que las descargas subsiguientes tengan una amplitud mayor que la primera.

Los Parámetros que intervienen en su forma son :

Magnitud y frecuencia de aparición,

Características propias de la actividad atmosférica,

Particularidades constructivas,

Configuración de sistema eléctrico

Hay tres causas principales, asociadas con líneas aéreas:

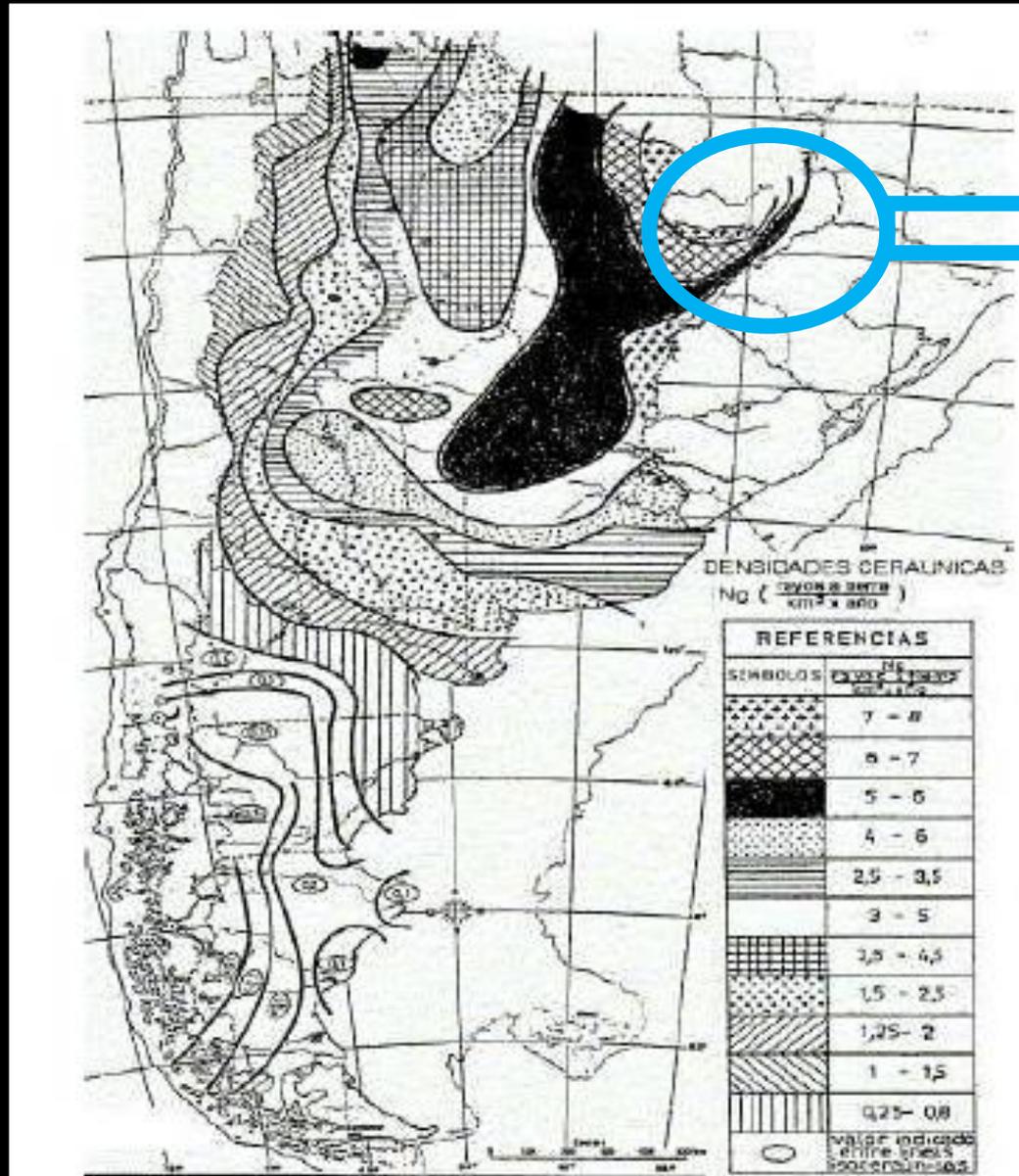
Contorneos inversos,

Impactos directos en la fase

Sobretensiones inducidas

En estaciones transformadoras, las descargas directas son muy raras salvo que la estación sea demasiado grande o que la actividad atmosférica sea muy elevada en la región.

Ng (densidad de descargas atmosféricas por unidad de tiempo. Ng = (Número de descargas / Km2-año)



MISIONES

Ng

5-6

6-7

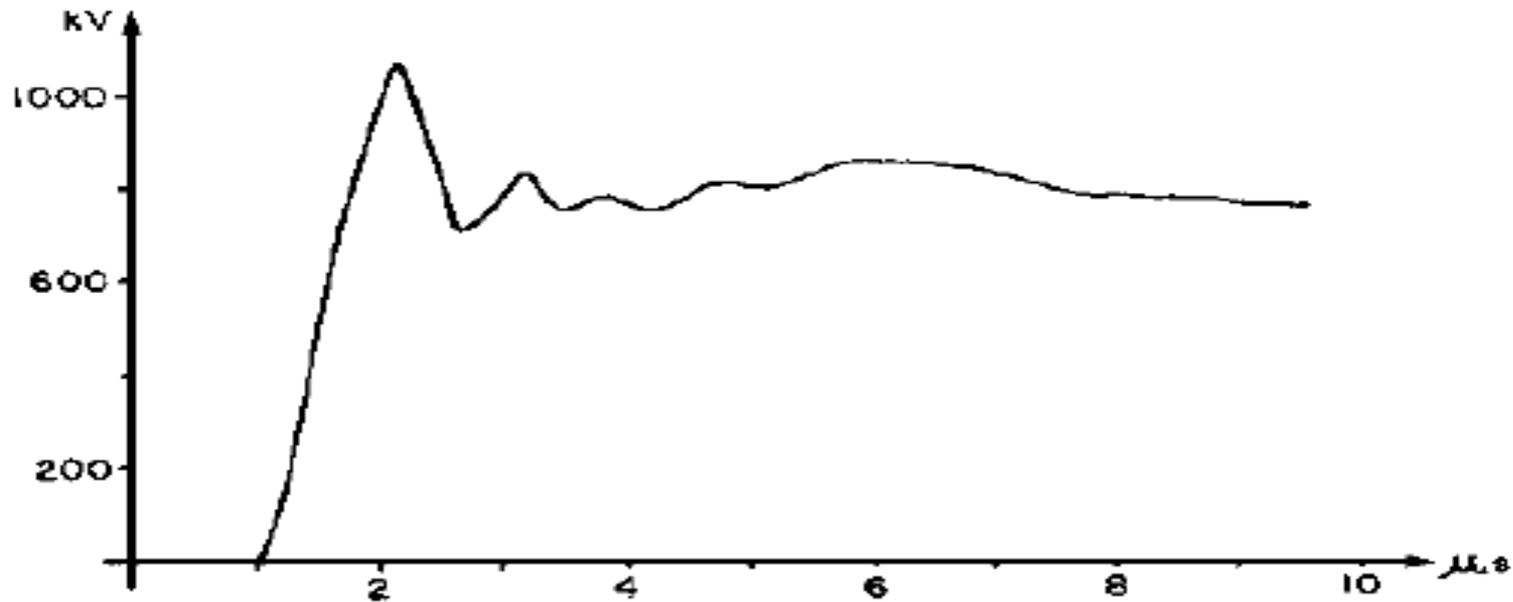
7-8

ORIGEN DE LAS SOBRETENSIONES:

Históricamente las sobretensiones se clasificaron por su origen, externas e internas, las primeras debidas a rayos(descargas atmosféricas) y las segundas debidas particularmente a maniobras en la red electrica.

Las sollicitaciones en los equipamientos de un sistema eléctrico se originan por diversas causas y su estudio depende mucho del tipo de evento investigado.

La siguiente figura presenta un ejemplo típico de una sobretensión atmosférica, obtenida en bornes de un transformador en un estudio de inyección de sobretensiones en una Estación Transformadora, incluyéndose, por lo tanto, el efecto de los descargadores que limitan la amplitud de la sobretensión.



LINEA DE 500 KV



ESTACION TRANSFORMADORA 550/132 KV



24 2 2008

TRANSFORMADOR DE 500 KV



21/04/2008



LINEAS DE 132 KV

Causas y efectos:

Las causas de sobretensiones pueden ser varias, y se enumeran a continuación las más frecuentes.

Los cables (hilos) de guardia o los conductores de fase pueden ser afectados por descargas atmosféricas, en algunos casos la descarga

incide en los cables de guardia y se propaga (contorneo inverso) a los conductores.

Estas descargas son causa de ondas de sobretensión que se desplazan por las líneas del sistema, alcanzando las estaciones eléctricas y solicitando los elementos de la red.

Las ondas de sobretensión, llamadas ondas viajeras se reflejan y refractan en los puntos de discontinuidad de la impedancia de las líneas variando su forma.

Una nube cargada produce sobretensiones estáticas de inducción capacitiva, y al desplazarse o descargarse la nube, la sobretensión en la línea se desplaza en forma análoga a las sobretensiones atmosféricas.

Efectos análogos al frotamiento, debidos al viento (seco) producen cargas electrostáticas en las líneas.

Pueden producirse contactos entre una parte del sistema de tensión inferior, con un sistema de tensión más elevada, y en consecuencia se presentarán peligrosas sobretensiones en el sistema de tensión inferior.

Comparación de las sobretensiones

Sobretensiones atmosféricas se presentan particularmente en redes expuestas, ante fallas del blindaje dado por el hilo de guardia (la descarga es directa eludiendo el blindaje del hilo de guardia) y la sobretensión puede provenir de la línea o producirse en la estación, que son las partes de la red eléctrica expuestas a la atmósfera.

La descarga en la estación es poco probable, por la superficie relativamente reducida, en comparación a la línea, es decir que es más probable que las sobretensiones lleguen desde las líneas.

Además presenta una cobertura de hilos de guardia mayor que para una línea de transmisión.

La descarga puede ser directa pero un buen blindaje garantiza contra este efecto. También puede producirse contorneo inverso de la cadena de aisladores.

Esta situación es muy poco probable que se presente en la estación por la baja resistencia de puesta a tierra de la misma, pero es probable en la línea (porque la resistencia de tierra de los soportes es elevada), y de esta manera se originan las sobretensiones atmosféricas que penetran a la estación.

Las líneas de media tensión (menores a 33 KV), se realizan sin cables de guardia, ya que este no es de utilidad debido a los aisladores que presentan baja aislación, respecto de las tensiones correspondientes a descargas atmosféricas, y por lo tanto toda descarga es acompañada por contorneo de los aisladores.

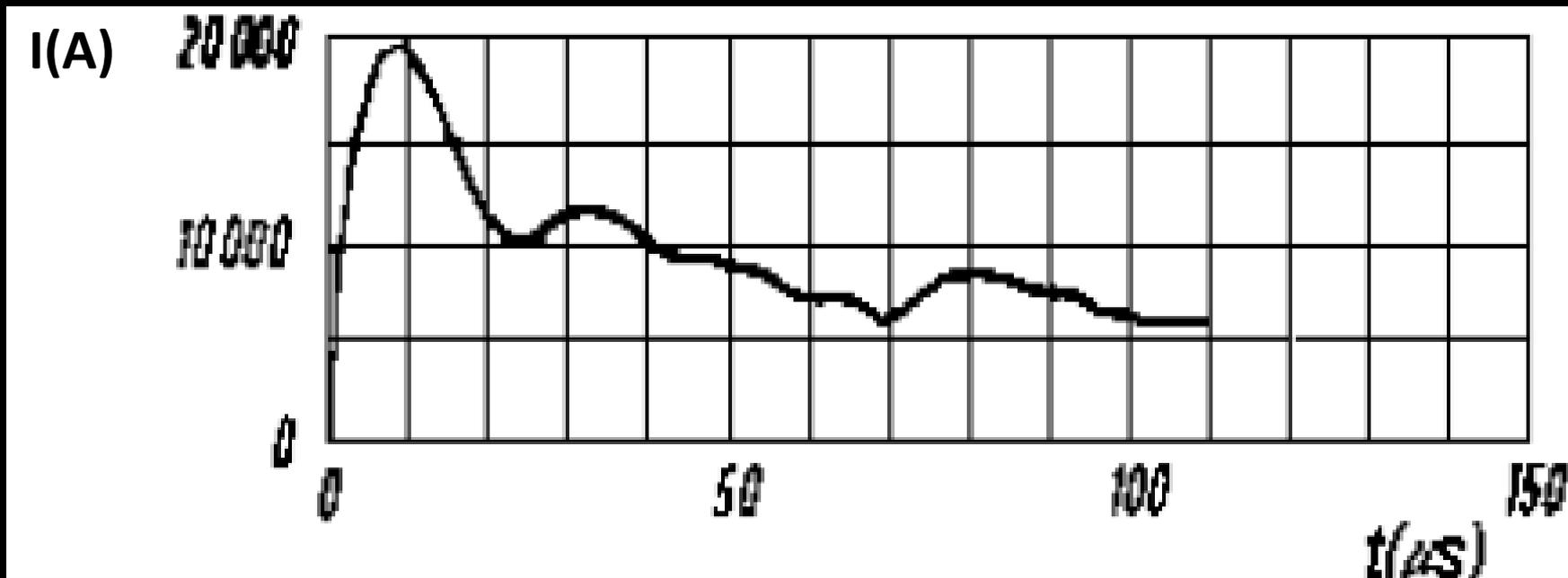
Las sobretensiones atmosféricas, conducidas por las líneas, sufren en la estación reflexiones múltiples que deben ser evaluadas a fin de comprobar que los valores alcanzados se mantienen bajo control.

Mientras que las sobretensiones atmosféricas afectan una sola fase, o afectan a todas las fases en forma similar, las sobretensiones de maniobra afectan a dos o las tres fases simultáneamente pero no de manera similar; es entonces importante el estudio de su efecto sobre la aislación fase-fase.

Cada punto del sistema eléctrico se caracteriza por distintos valores de sobretensiones de los distintos tipos, o de otra manera estos valores se determinan por métodos estadísticos

Características de las sobretensiones atmosféricas

La observación ha demostrado que la corriente debida a los rayos presenta en cada caso características distintas. El único elemento común a todos los rayos es la forma de la corriente: no es oscilatoria, es unidireccional es decir de una única polaridad. El comportamiento típico de la corriente de un rayo se indica en la figura siguiente:

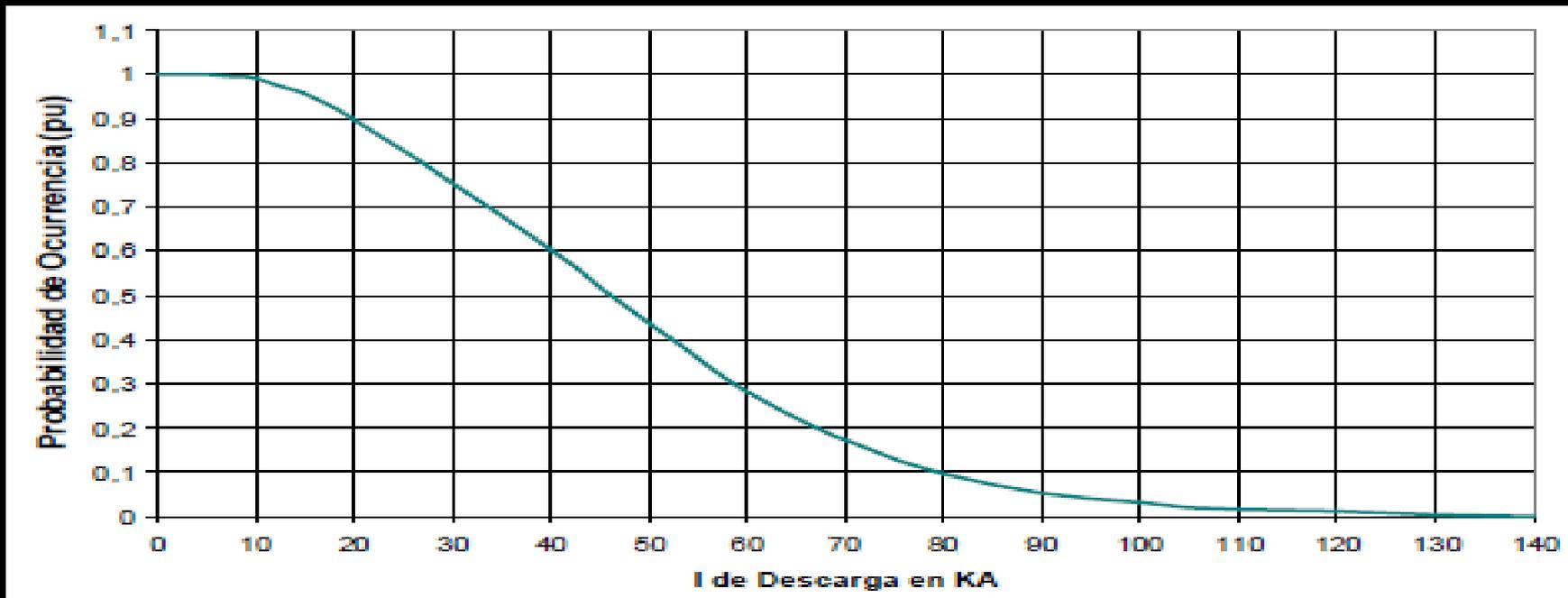


En la onda de corriente se pueden distinguir: o el frente, lapso que va desde el inicio de la onda a su valor de pico; o la cola, parte que sigue al frente. En general las magnitudes características de la onda de corriente se encuentran dentro de los siguientes límites:

duración del frente: 0.5 a 20 μ s; o duración del semivalor en la cola: 15 a 90 μ s;

La amplitud de la corriente de descarga alcanza sólo en un pequeño porcentaje valores del orden de 100 a 150 kA, en el 80% de los casos la corriente de descarga es inferior a 40 kA.

curva de probabilidad de ocurrencia



La onda de corriente está relacionada con la onda de tensión a través de la impedancia que ven en su avance.

Propagación de las sobretensiones atmosféricas

En el caso de líneas aéreas la velocidad de propagación alcanza valores alrededor de $300 \text{ m}/\mu\text{s}$, es decir prácticamente la velocidad de la luz, mientras que la impedancia característica

$$Z = v(l/c)$$

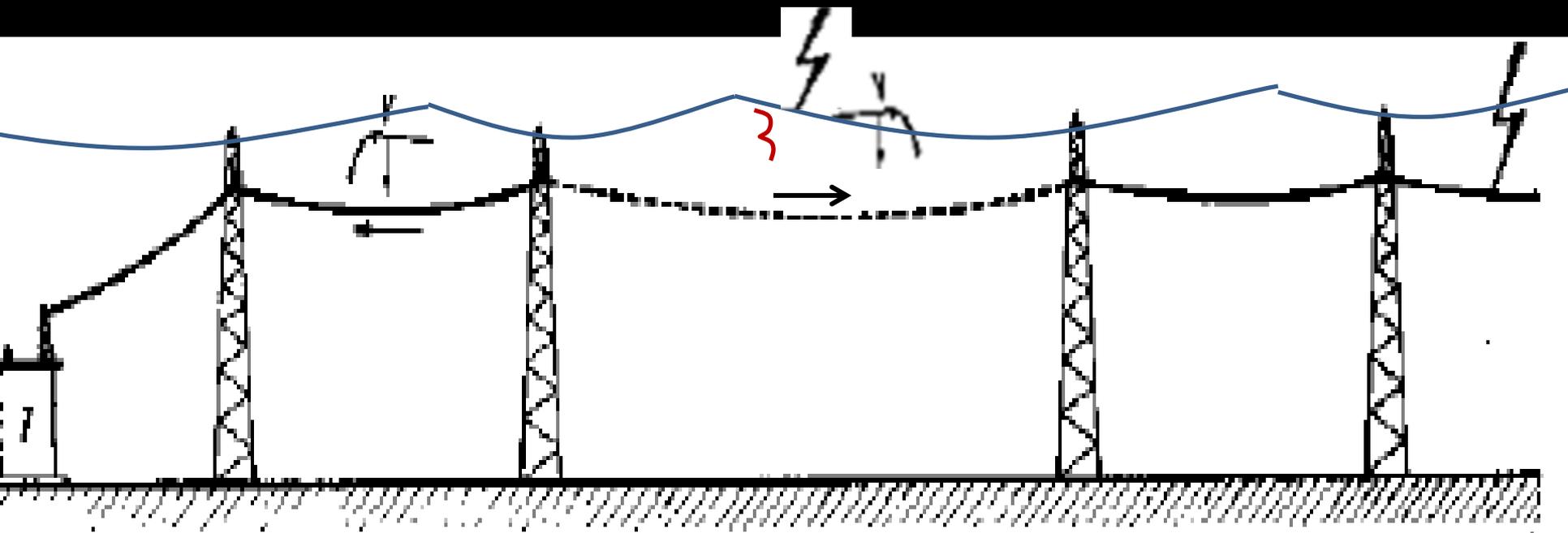
(donde l y c son la inductancia y la capacidad por unidad de longitud de la línea) es un valor bastante constante alrededor de 400 a $600 \ \Omega$.

En el caso de cables la velocidad de propagación resulta de 150 a $160 \text{ m}/\mu\text{s}$, y la impedancia característica alcanza valores más bajos, entre 30 a $50 \ \Omega$.

Contorneos Inversos:

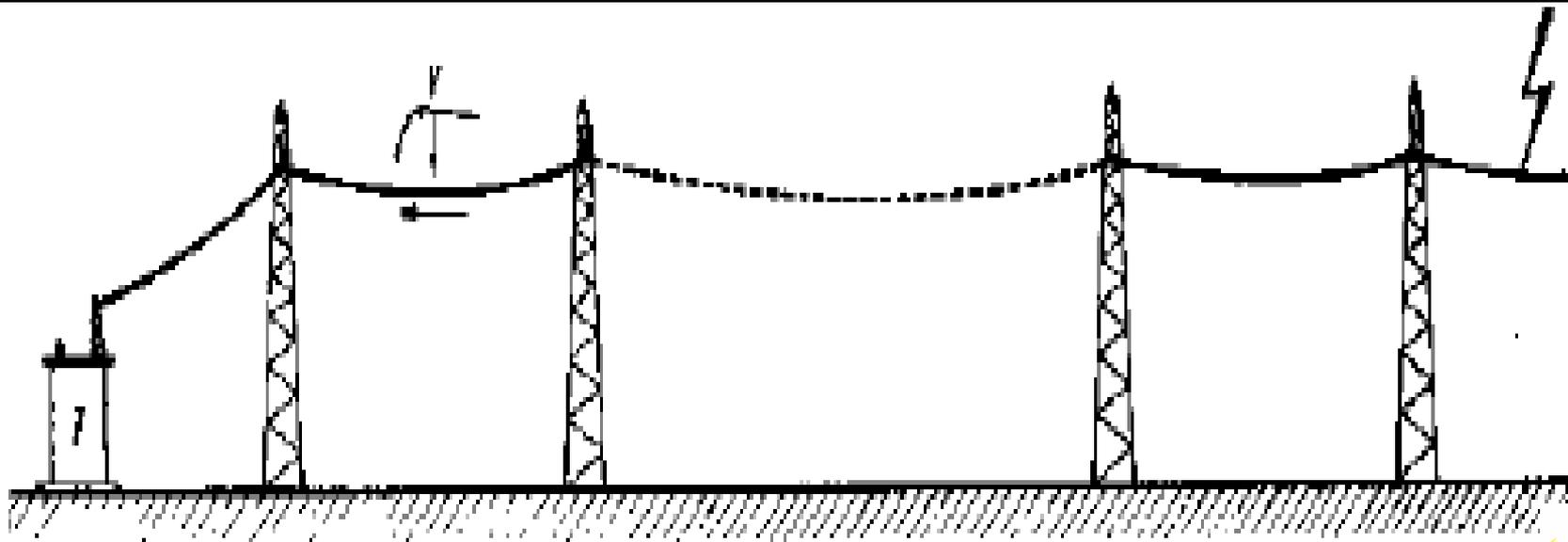
La descarga se produce en la torre o en el hilo de guardia, pero origina una sobretensión tal que causa el cebado de la cadena de aisladores, con lo cual la sobretensión se propaga a los conductores de fase.

Es fundamental el mantenimiento permanente de las puestas a tierra del hilo de guardia y la estructura soporte.

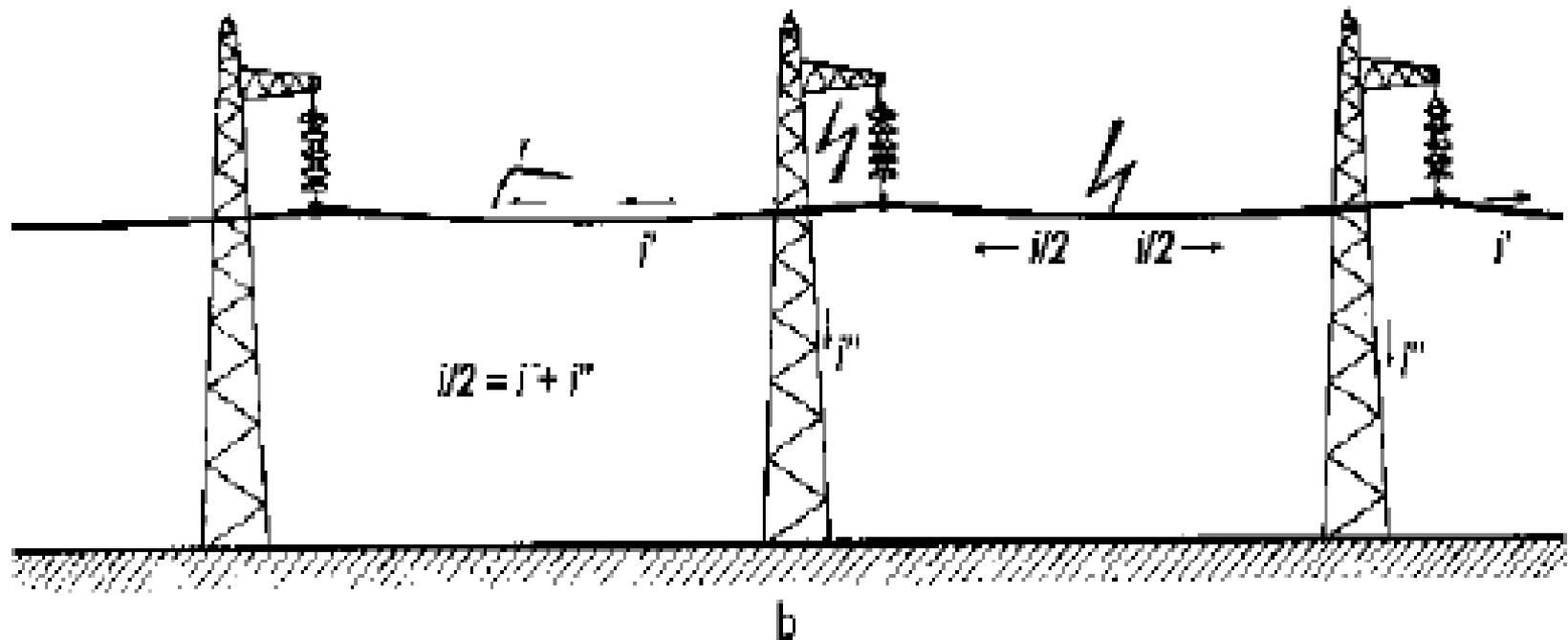


- **Impactos directos:** La descarga elude el blindaje de la línea, e impacta directamente en los conductores de fase. Esto se denomina comúnmente como “Falla de Blindaje”.

El comportamiento del fenómeno se puede sintetizar en dos casos que dependen de lo que se produce en el momento en que la sobretensión alcanza la primera cadena de aisladores: o si la amplitud de la sobretensión es menor de la que provocaría un arco eléctrico en la cadena de aisladores, la onda se propaga a lo largo de la línea manteniendo su forma y termina alcanzando los aparatos que se encuentran en la extremidad de la línea, figura a.



o si la sobretensión alcanza una amplitud tal de provocar el arco en la cadena de aisladores, la corriente del rayo se descarga hacia tierra y la onda de tensión se trunca. Esta onda truncada se propaga alcanzando los aparatos ubicados en la extremidad de la línea, figura b.



Los parámetros que intervienen en una descarga, son el valor de cresta del primer impulso, y los subsiguientes., la forma de onda de la corriente, los factores de correlación entre los parámetros, número de impulsos por descargas, densidad de descargas a tierra N_g , y por ende la acción conjunta de estos ítems.

En líneas menores a 300 KV las sobretensiones externas son mas severas que las de origen interna. En cambio para líneas mayores a 300 KV las sobretensiones de origen interno son más severas que las de origen externo.

El diseño de la línea frente a descargas atmosféricas implica la determinación de: distancias eléctricas, cantidad de aisladores, Angulo de blindaje, y puesta a tierra.

Estas sobretensiones pueden solicitar peligrosamente los aislantes de las máquinas (transformadores en particular) y de los aparatos con consecuencias a veces graves.

Un dato básico para el diseño de una línea de media y alta tensión frente a este tipo de sobretensiones, es la frecuencia de caída de rayos por unidad de superficie y por unidad de tiempo. Esta frecuencia se expresa en número de rayos por km^2 y por año, en la se muestran las densidades cerámicas para las distintas zonas.

Este valor es función del nivel isocerámico de la zona, que es el valor medio de los días de tormenta al año en dicha zona, en la se muestran estas curvas de niveles. Los niveles y densidades cerámicas continentales de la República Argentina.

Sobretensiones Inducidas:

La descarga cae a tierra en las proximidades de la línea, y por acoplamiento capacitivo e inductivo se producen sobretensiones inducidas en los conductores de fase de la misma.(consideradas solo en sistemas de hasta 66 KV).

Parámetros que inciden en el comportamiento de la línea:
Impedancia de onda de las torres o estructura, resistencia de puesta a tierra, impedancia de onda de los hilos de guardia, factor de acoplamiento entre hilos de guardia y conductores de fase, BIL de la cadena de aisladores.

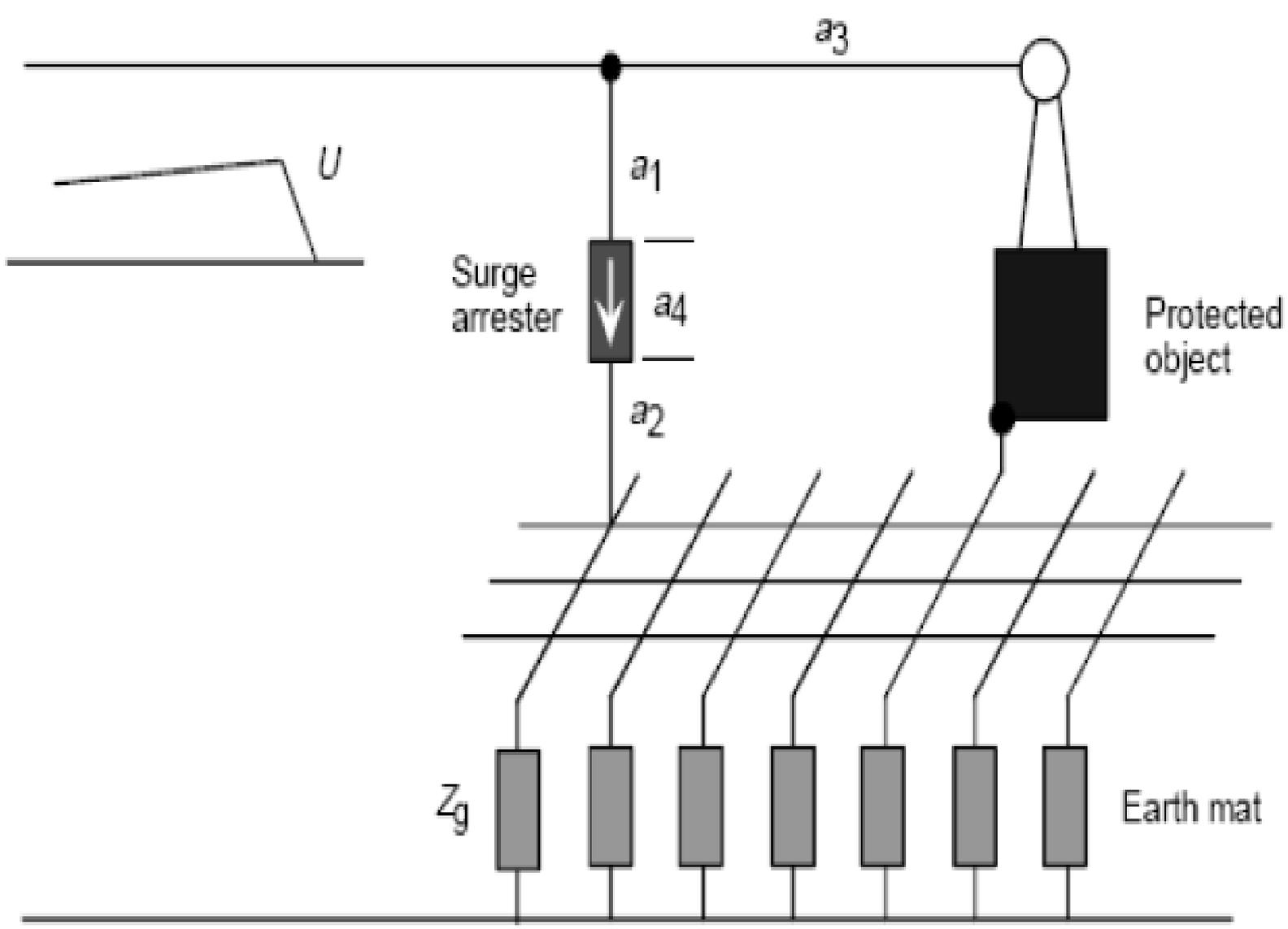
FUNCION DE LOS DESCARGADORES DE SOBRETENSION

Un descargador e sobretensión (pararrayo) es un dispositivo para descargar a tierra sobretensiones originadas por descargas de origen externo (atmosféricas) y sobretensiones de origen interno (maniobra y temporarias) minimizando dichos sobretensiones y evitando que se dañe la aislación de los equipos eléctricos y las instalaciones complementarias.

El descargador en condiciones normales se comporta como un elemento aislante poseyendo una pequeña corriente de drenaje ya que el mismo no es un aislador perfecto. Por lo tanto en esas condiciones disipa valores muy pequeño de energía.

Al originarse sobretensiones tanto de origen interno como externo, el descargador deja de comportarse como un elemento aislante y actúa drenando una gran intensidad de corriente a tierra, disminuyendo el nivel de sobretensiones en los equipos que protege el mismo. Luego que la sobretensión originada haya desaparecido, el descargador vuelve a las condiciones iniciales.

La utilización de descargadores en el control de sobretensiones permite que se reduzcan los niveles de aislamiento de diversos equipamiento en sistemas de transmisión. De esa manera se constituyen un elemento indispensable para la coordinación de la aislación.



Bibliografía

Curso de postgrado “Transitorios Electromagnéticos en Sistemas Electricos de Potencia” Instituto de Investigaciones Tegnologicas para Redes y Equipos Electricos ITREE Facultad de Ingenieria Universidad Nacional de la Plata



INGENIERO EDUARDO ANTONIO SORACCO MAT PROF 2330

