

INFORME 943-1 *

**PROTECCIÓN DE LAS ESTACIONES DE RADIODIFUSIÓN SONORA
CONTRA LA ELECTRICIDAD ATMOSFÉRICA**

(Cuestión 48/10)

(1982-1986)

1. Introducción

La CAMR-79 reconoció la necesidad de que las Comisiones de Estudio del CCIR relacionadas con los servicios prestasen consideración a las necesidades de sus servicios para llevar a efecto la protección de las instalaciones contra la electricidad atmosférica, particularmente las descargas de rayos. Este Informe, correspondiente a la radiodifusión sonora, complementa la información correspondiente al servicio fijo en frecuencias inferiores a unos 30 MHz y a los sistemas de relevadores radioeléctricos, que figuran, respectivamente, en los Informes 861 y 932.

La Comisión de Estudio V del CCITT está considerando actualmente la protección de las líneas y equipos de telecomunicación contra descargas del rayo, y el tema global de la protección contra el rayo está examinándolo el Comité TC 81 de la CEI.

2. El fenómeno del rayo

Las descargas debidas al rayo se producen cuando el potencial electrostático creado por generación convectiva de cargas en las nubes de tormenta excede el potencial de ruptura. Pueden producirse descargas de nube a nube, de nube a aire o de nube a tierra. En el tipo de nube a tierra, tanto la propia descarga como la tensión electrostática antes y durante una tormenta, que pueden alcanzar de 5 a 10 kV/m [Surutka y Veličković, 1973], pueden causar daños.

Cuando una nube cargada se aproxima a un mástil induce cargas de signo opuesto en las secciones de las riostras. Cuando la nube se descarga a tierra por un rayo, el campo sufre una caída en un intervalo del orden de un microsegundo. Las cargas en las riostras producen una elevada tensión a través de los aisladores. Se producen tensiones de hasta 400 kV que producen descargas disruptivas y rupturas. Se ha indicado [CCIR, 1982-86a] que los arcos causados por la electricidad atmosférica estática representan mayor riesgo de daños que las descargas directas o próximas de rayos.

3. Frecuencia de aparición de los incidentes

Existen variaciones estacionales, diarias y geográficas muy acusadas en la incidencia de las tormentas. Las tormentas suelen producirse en las primeras horas de la tarde y son menos frecuentes después del ocaso. Son más abundantes en verano en latitudes medias y altas, pero su variación estacional es pequeña en los trópicos. Su mayor incidencia se produce en grandes extensiones terrestres tropicales, pero las proporciones de cargas de nube a nube y de nube a aire son también superiores en los trópicos que en otras latitudes.

La información disponible sobre incidentes que causan daños es escasa, pero existe una acusada dependencia de la posición geográfica y de los emplazamientos precisos de las instalaciones. En Francia son apreciablemente más frecuentes en la parte meridional del país y en las zonas montañosas, y en Japón en la parte septentrional, donde se producen importantes precipitaciones de nieve.

4. Influencia de la potencia

Aunque la electricidad atmosférica puede originar problemas en los receptores domésticos, su importancia es menor comparada con las causadas en las instalaciones transmisoras que emplean generalmente mástiles elevados. Las instalaciones de alta potencia (con potencias de transmisión superiores a 10 kW) suelen estar más expuestas que las instalaciones de baja potencia, pues la potencia del transmisor es suficiente para mantener una descarga por arco a través de los componentes, una vez iniciada sea por una descarga de rayo o por electricidad estática transportada por el viento. Esta situación se agrava cuando se aumenta la potencia de los transmisores.

* Se pide al Director del CCIR que señale este Informe a la atención de la CEI.

5. Localización de los puntos de descarga disruptiva y de los daños causados

Las antenas utilizadas en ondas kilométricas y hectométricas poseen mástiles de acero alimentados por la base o por bucles, ya sea autosoportadas o arriostradas, con cables de acero divididos por aisladores en secciones más cortas que la longitud de resonancia. Los rayos pueden causar descargas disruptivas entre el mástil y tierra o en los aisladores de la riostra. Además, las sobreintensidades así creadas pueden producir daños en los equipos; los circuitos de los transmisores de estado sólido, las líneas de alimentación de antenas y los condensadores de las unidades de adaptación de antenas, son particularmente vulnerables.

Los aisladores de base son generalmente soportes cerámicos, y si disponen de un descargador en derivación (véase el § 6.1) es raro que se produzcan daños. Para bajas potencias de transmisión, los aislamientos de las riostras son generalmente sencillos del tipo cerámico oval ranurado, entre bucles de hilo entrelazado. Aunque se producen descargas disruptivas durante las tormentas no se aprecian a largo plazo daños mecánicos evidentes o una deterioración del funcionamiento eléctrico de la antena. Sin embargo, con una descarga automantenida producida por transmisores de elevada potencia, pueden producirse resquebrajamientos de los aisladores de riostra y erosión por arco de los hilos de riostra.

6. Métodos de protección

6.1 Descargadores de chispa tradicionales

Los radiadores alimentados por la base pueden tener descargadores permanentemente ajustados a la estructura. Generalmente, la parte puesta a tierra se conecta al sistema de tierra radial mediante conductores de cobre. Los descargadores son de muchas formas, desde esferas y cilindros con entrehierro de descarga inferior a la mitad del diámetro hasta varillas y estructuras en bucle. Los ajustes de los entrehierros son generosos, normalmente de 8 a 16 mm, para evitar la unión de las gotas de lluvia.

En Japón se utilizan descargadores de chispa compuestos por electrodos cilíndricos de carbón duro. Las formas y tamaño de los descargadores se optimizan en función de las formas de onda predominantes de las descargas producidas por el rayo [CCIR, 1978-82a; NHK, 1982].

6.2 Resistencias no lineales en los aisladores de riostra

Pueden emplearse en los terminales de aisladores de riostra resistencias no lineales de carburo de silicio de aproximadamente $1\text{ M}\Omega$ a la tensión RF de trabajo. Estas resistencias liberan las cargas estáticas en las partes aisladas de los descargadores, pero a menudo se destruyen si el rayo cae directamente en el mástil.

6.3 Corte del transmisor

Puede instalarse un detector de rayos en una de las riostras del mástil que, cuando registra una descarga de rayo, provoca momentáneamente (durante 1 s aproximadamente) la interrupción de la alimentación del transmisor. De este modo, toda descarga disruptiva en un aislador de riostra va seguida de un arco de potencia, y aquella se extingue inmediatamente sin causar daños. El dispositivo puede ser sensible a unos 5 A, lo que es mucho menor que la corriente necesaria para causar un arco.

Otra posibilidad es provocar el corte de la transmisión midiendo la relación de onda estacionaria en los terminales de antena procedente de la desadaptación del arco.

6.4 *Reducción de la potencia durante las tormentas*

Una reducción sustancial de la potencia de transmisión, en el caso de las portadoras de alta potencia, durante las tormentas puede resultar útil para evitar la formación de arcos.

6.5 *Descargadores rápidos en atmósfera gaseosa*

Pueden instalarse en paralelo con los terminales de salida de los transmisores de estado sólido con fines de protección, pero tienen una vida limitada y pueden dañarse.

6.6 *Puesta a tierra*

Es importante conceder especial atención a los medios de puesta a tierra.

En algunos sistemas de puesta a tierra de las estaciones, los sistemas de tierra de hilo radial de una antena direccional están unidos y conectados a la tierra del edificio de transmisión mediante una cinta de cobre de sección transversal no inferior a 75 mm^2 en una zanja paralela a la línea de alimentación coaxial enterrada de la antena. La cinta se conecta a la tierra del transmisor de manera que contornee cualquier empalme o conexión de la línea de alimentación coaxial a fin de reducir las sobretensiones causadas por el rayo en sus conductores exterior e interior. Con esta práctica, no se sabe de ningún caso de daño de líneas de alimentación enterradas inaccesibles causado por el rayo.

Las riostras se conectan a tierra junto con sus bloques de hormigón de anclaje mediante cinta de cobre, cinta de aluminio o cable de hilos de acero. El trayecto a tierra es recto, a fin de que el rayo no destruya el bloque de hormigón armado. Se utilizan placas o varillas locales, que no siempre están conectadas a los sistemas radiales principales de puesta a tierra.

6.7 *Protección de las antenas de ondas métricas*

Es común que los elementos radiantes de las antenas de ondas métricas formen un corto circuito de corriente continua (por ejemplo, dipolos plegados) y estén unidos al mástil de manera que se supriman las sobretensiones causadas por el rayo entre las secciones interna y externa de sus cables de alimentación coaxiales. El desacoplamiento de las líneas de alimentación en ondas métricas de los mástiles de ondas hectométricas por medio de métodos de devanado inductor [CCIR, 1982-86b] ha impedido hasta ahora los daños por descargas eléctricas.

6.8 *Utilización de cuerdas de materia plástica*

Pueden utilizarse riostras de fibra plástica «Parafil» en las estaciones de baja potencia para resolver los problemas que se plantean con las riostras de tipo clásico.

En Yugoslavia se han utilizado con resultados satisfactorios riostras «Philistran» con potencias de transmisión de hasta 600 kW.

7. Modelos particulares de antenas

7.1 *Francia* [CCIR, 1978-82b]

7.1.1 *Antena de ondas kilométricas de Allouis (164 kHz)*

Se ha construido en Francia una antena de ondas kilométricas especialmente diseñada para la protección contra el rayo. Consta de mástiles de altura inferior a $\lambda/4$, y los anillos de riostras en lo alto de cada mástil no tienen aisladores. Quiere decir que las descargas de rayos son transmitidas directamente hacia el suelo y las riostras forman una jaula protectora para las otras partes de la antena. El diagrama de radiación es el mismo que el de un mástil clásico. La eficacia de este tipo de antena ha quedado comprobada durante numerosos años de funcionamiento.

7.2 *Países Bajos* [CCIR, 1982-86c]

7.2.1 *Antena de ondas hectométricas de Flevoland (simultáneamente 400 kW a 747 kHz y 400 kW a 1008 kHz)*

El mástil de antena de $5\lambda/8$ está dividido en dos mitades y alimentado por el centro. La parte inferior está conectada a tierra y la parte superior está conectada a tierra por medios electrostáticos a través de una varilla de $\lambda/4$ en el mástil (escalerilla aislada). Las riostras no están divididas en secciones sino que están aisladas en ambos extremos. Los aisladores inferiores están puenteados por una red que mantiene la corriente RF en las riostras tan baja como es necesario para no deformar el diagrama de radiación. Cada riostra posee una red de este tipo, de manera que el sistema de antena completo está protegido contra la electricidad atmosférica y no necesita ninguna otra protección especial.

7.2.2 *Antena de ondas hectométricas de Lopik (120 kW a 675 kHz)*

En esta antena de $5\lambda/8$ alimentada por la base, los aisladores de las riostras están también puenteados por un hilo de cobre, salvo los dos aisladores de los extremos. Unas bobinas paralelas a los aisladores inferiores reducen al mínimo las corrientes RF en las riostras. De esta manera el transmisor no necesita disyunciones para proteger los aisladores de las riostras.

7.3 *Yugoslavia* [CCIR, 1982-86a]7.3.1 *Antena de ondas hectométricas de Belgrado (2000 kW a 684 kHz)*

En la antena de ondas hectométricas de Belgrado, de 235 m de altura, se ha aplicado una solución simple y eficaz para eliminar la electricidad estática. Consiste en el uso de bobinas de drenaje estático conectadas en paralelo a los aisladores de riostras que forman circuitos antirresonantes con ellos a la frecuencia de funcionamiento [Surutka, 1978 y 1979; Surutka y Veličković, 1984].

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- NHK [1982] Lightning protection of MF transmitting stations. *ABU Tech. Rev.*, Vol. 83, 3-13.
- SURUTKA, J. V. [junio de 1978] Nuevas experiencias en eliminar electricidad estática de las riostras de antenas de ondas hectométricas y kilométricas de alta potencia (en servocroata). Actas de la 22ª Conferencia Yugoslava sobre Electrónica, Telecomunicaciones, Automatización y Ciencias Nucleares, Zadar, Yugoslavia.
- SURUTKA, J. V. [1979] Nuevas experiencias en eliminar electricidad estática de las riostras de antenas de ondas hectométricas de alta potencia (en servocroata). *Tehnika-Elektrotehnika*, Vol. 28, 10, 1-5.
- SURUTKA, J. V. y VELIČKOVIĆ, D. M. [1973] Static voltages on the guy insulators of m.f. and l.f. broadcast tower antennas. *Radio and Electron. Engr.*, Vol. 43, 12, 744-750.
- SURUTKA, J. V. y VELIČKOVIĆ, D. M. [diciembre de 1984] The elimination of static discharges on the stays of high-power MF antennas. *EBU Rev. Tech.*, 208, 240-245.

Documentos del CCIR

- [1978-82]: a. 10/187 (Japón); b. 10/179 (Francia).
- [1982-86]: a. 10/63 (Yugoslavia); b. 10/33 (Reino Unido); c. 10/4 (Países Bajos).

BIBLIOGRAFÍA

- BLIEK, J. J. [junio de 1982] Zendantenne van het MG-zendstation Flevoland Radio (Antena transmisora de la estación de ondas hectométricas de Flevoland). *Radio Bull.*, 227-232.
- BRUGER, P. y WANIEWSKI, B. [1977] Pardonenisolation von MW- und LW-Antennen (Aislamiento de las riostras de antenas de ondas hectométricas y kilométricas). *NTG Fachbericht*, Vol. 56, 55-62.
- BRUGER, P. y WANIEWSKI, B. [1978] Directional dual frequency, anti-fading antenna. Proc. Third International Broadcasting Convention (IBC 78), 154-157.
- LACHARNAY, S. [1975] Antenne de radiodiffusion à B.km protégée contre la foudre (Antena de radiodifusión para ondas kilométricas protegida contra los rayos). *Radiodif.-Télév.*, 36.
- MARSHALL, J. L. [1973] *Lightning Protection*. John Wiley and Sons, Inc., Toronto, Canadá.
- NOLAN, S. U. [1974] Developments in MF radiator systems. *Sound and Vision Broadcasting*, Vol. 15, 1.