

BÁSICO SOBRE UNIONES Y ATERRAMIENTOS EN LOS SISTEMAS DE ANTENA (DE ACUERDO CON NORMATIVA NEC).

Introducción

Los voltajes y corrientes causados por rayos, caídas de líneas y acumulación de carga electrostática en los sistemas de antenas pueden presentar un peligro significativo para la seguridad en las instalaciones de radio, salas de equipos, etc., lo que además puede provocar electrocución e incendio. Estos peligros pueden reducirse mediante una conexión adecuada, a tierra y la protección contra sobretensiones.

En la mayoría de los países, el Código Eléctrico Nacional de los Estados Unidos (NEC, por sus siglas en inglés) se usa como referencia para especificar los requisitos de instalación de los sistemas de antena para exteriores. El NEC no es una especificación de diseño y no aborda nada que tenga que ver con la propagación de radio, los requisitos estructurales o el uso real de la estación de radio. No hay ningún requisito de que el sistema de antena funcione realmente, solo que sea seguro. El NEC es un conjunto de requisitos mínimos para la protección práctica de personas y bienes frente a los peligros derivados del uso de la electricidad. Los requisitos en otros países pueden diferir del NEC, por lo que el lector debe verificar la disponibilidad de los códigos locales, que existen y se actualizan regularmente.

Muchas personas piensan que son inmunes a los requisitos del NEC, de su propio Código Eléctrico local o que no se aplica a ellos. Por el contrario, la adopción de Códigos, Normativas, Reglamentación, etc. por parte de las jurisdicciones gubernamentales (ciudades, condados y estados) requiere que se aplique correctamente a cualquier instalación dentro de esa jurisdicción, independientemente de lo que piense el propietario sobre el asunto. **En Europa se procesa el HD384 que es un Documento de Armonización para Instalaciones Eléctricas en Edificios, otras IEC 60364, 61936, 61241, IEE 1100, IEE 142, etc.**

Del Código Nacional Europeo, aquí el Art. 90-1.

Objetivo.

a) Salvaguardia. El objetivo de este código es la salvaguardia de las personas y de los bienes contra los riesgos que pueden surgir por el uso de la electricidad.

b) Provisión y suficiencia. Este código contiene disposiciones que se consideran necesarias para la seguridad. El cumplimiento de las mismas y el mantenimiento adecuado darán lugar a una instalación prácticamente libre de riesgos, pero no necesariamente eficiente, conveniente o adecuada para el buen servicio o para ampliaciones futuras en el uso de la electricidad.

c) Intención. Este código no tiene la intención de marcar especificaciones de diseño ni de ser un manual de instrucciones para personal no calificado.

Discutiremos los requisitos de conexión a tierra y NEC que se aplican a las instalaciones de radio.

Estos se denominan "estaciones receptoras" en el NEC. En particular, el artículo 810 de NEC, Equipos de radio y televisión, en el capítulo 8, Sistemas de comunicaciones, especifica los requisitos para la instalación de antenas exteriores, estructuras de soporte de antenas (torres y mástiles) y el cableado y uniones que se utilizan para conectarlos a equipos de radio. (Figura 1). El artículo 810 (Equipamiento Radio y TV) se refiere al artículo 250, Conexión a tierra y uniones, por lo que también analizaremos sus requisitos asociados.

La salvaguarda de las personas es prioritaria sobre el equipamiento, pero en la mayoría de los casos los eventos implican ambas cosas.

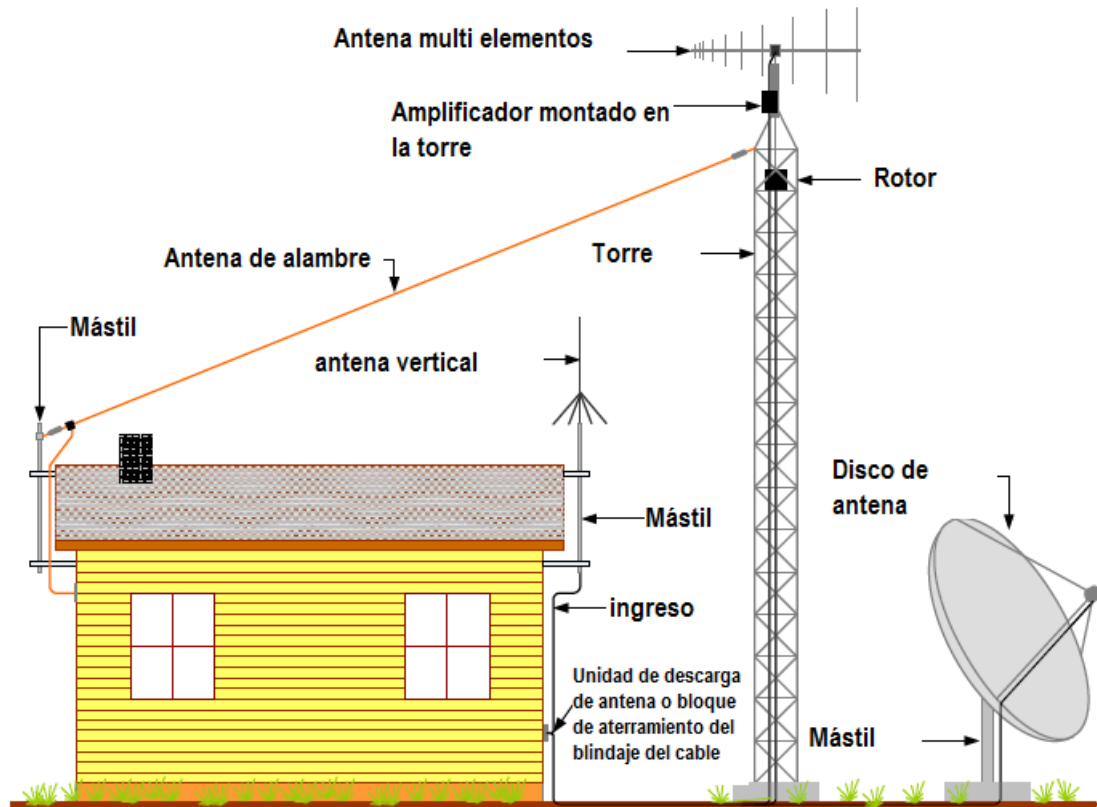


Fig. 1 - Varios tipos de sistemas de antena. El Código Eléctrico Nacional (NEC de EEUU) cubre los aspectos de las instalaciones de sistemas de antenas que pertenecen a la seguridad eléctrica. Existen códigos locales que hacen referencia al NEC, CENELEC, otros.

El artículo 810 se aplica a los equipos de recepción de radio y televisión, a los transmisores y receptores de banda amateur y ciudadana, así como a las antenas de cable, de múltiples elementos, verticales y de plato, y al cableado y cableado para alimentar y controlar equipos montados en mástiles y torres (por ejemplo, , preamplificadores y rotadores). Discutiré principalmente [párr. 810.20] y [par. 810.21] en el artículo 810 (los corchetes se utilizarán para indicar los números de los párrafos NEC a lo largo de este artículo). Estos párrafos cubren las unidades de descarga de antena, entradas y conexiones y conductores de electrodos de conexión a tierra para mástiles y torres de antena.

El NEC incluye requisitos específicos para estaciones que comienzan en [par. 810.51] para equipos de transmisión y antenas asociadas. Estos y otros párrafos del artículo 810 están fuera del alcance de este artículo por su amplitud, ya que se trata de ver la cuestión general.

A pesar de su importancia, el NEC se ha considerado históricamente como un documento mal escrito, lleno de jerga y requisitos que favorecían a ciertos fabricantes. La incapacidad de la gente común para interpretar correctamente el lenguaje a menudo confuso de NEC, es la razón por la que muchas instalaciones no lo cumplen.

Se conoce que incluso hay personas que después de trabajar varios años en el NEC, todavía se sorprenden de confuso que puede ser y lo difícil que es aplicar correctamente el código. Durante la última década se han realizado grandes mejoras de legibilidad en el NEC. La mayor parte de la jerga comercial específica de la región se ha eliminado, por lo que es mucho más fácil de leer y entender. Esperamos que este documento ayude, pero nada aquí constituye un consejo de ingeniería. Al momento de escribir este documento se revisó el NEC 2011, el NEC actual es la edición de 2017. Hay

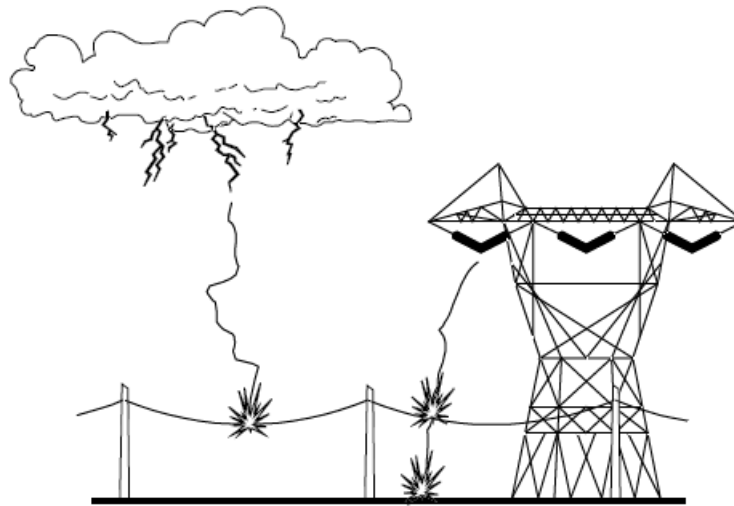
muchísimos códigos eléctricos como países y generalmente existe la tendencia a armonizar normas en todo el mundo, independientemente de los sistemas particulares. Los rayos caen en casi todo el planeta, se miden por el nivel ceraúnico y otros para determinar el nivel de riesgo de rayos creando un mapa ceraúnico (geográfico) que representa una zona o país, siendo la NASA y el CERN algunas de las agencias que realiza trabajos en este campo.

La exposición.

Las antenas al exterior, particularmente aquellas montadas en torres y mástiles, se consideran expuestas a los rayos y la carga estática que se forma en la atmosfera (figura 2).

También existe la posibilidad de contacto con la línea eléctrica durante el montaje y el uso si las antenas o torres están cerca de las líneas eléctricas. El contacto accidental con la línea eléctrica y la electrocución pueden ser un problema estadísticamente más significativo que las lesiones o la muerte por rayos, pero los rayos pueden provocar incendios y daños a la propiedad. Los requisitos de NEC no se diferencian.

Fig. 2 – Exposición a radios, cruce de líneas, y estática son peligrosas para las estaciones de radio.



La probabilidad de que caiga un rayo en cualquier área dada está relacionada con la densidad del rayo (destellos / km² / año). La densidad del relámpago varía ampliamente en todo el planeta, por ejemplo puede ser más alta hacia las zonas costeras. Consulte http://www.lightningsafety.noaa.gov/lightning_map.htm.

Un rayo directo o cercano, llamado evento de rayo, puede causar un daño considerable no solo al sistema de la antena, sino a todo lo que esté conectado a él, lo que podría provocar un incendio o una descarga eléctrica. Es imposible evitar los daños causados por un rayo directo, pero las posibilidades de daños y fuego causados por la mayoría de los otros eventos de rayos pueden reducirse al limitar los voltajes y las corrientes en los sistemas de antena, mediante el uso de dispositivos adecuados de conexión a tierra y protección contra sobretensiones.

Aunque no se describe específicamente en este documento, la Norma NFPA 780, para la instalación de sistemas de protección de iluminación, es una referencia que vale la pena e incluye información muy detallada.

Unidad de Descarga de Antena (ADU)

El NEC requiere que cada conductor de entrada de una antena exterior esté provisto de una unidad de descarga de antena (ADU) listada, a menos que la conexión de entrada tenga un blindaje continuo que esté correctamente conectado a tierra (figura 3) [par. 810.20 (A)]. La guía de entrada se refiere a cualquier cable o conductor del sistema de antena, incluidos cables coaxiales, guías de onda, cables de control de rotores y conductores y cables de alimentación para amplificadores montados en mástil o torre y otros componentes electrónicos para exteriores asociados con el sistema de antena.

Las unidades de descarga de antenas son conocidas por muchos nombres que incluyen protectores contra rayos, dispositivos de protección contra rayos, pararrayos y dispositivos de protección contra sobretensiones. El término listado se refiere a los productos que han sido evaluados y probados por un laboratorio de pruebas independiente y que se consideran adecuados para un propósito específico.

Probablemente los laboratorios de prueba más conocidos sea UL (anteriormente, Underwriter's Laboratory) e Intertek, pero existen otros.

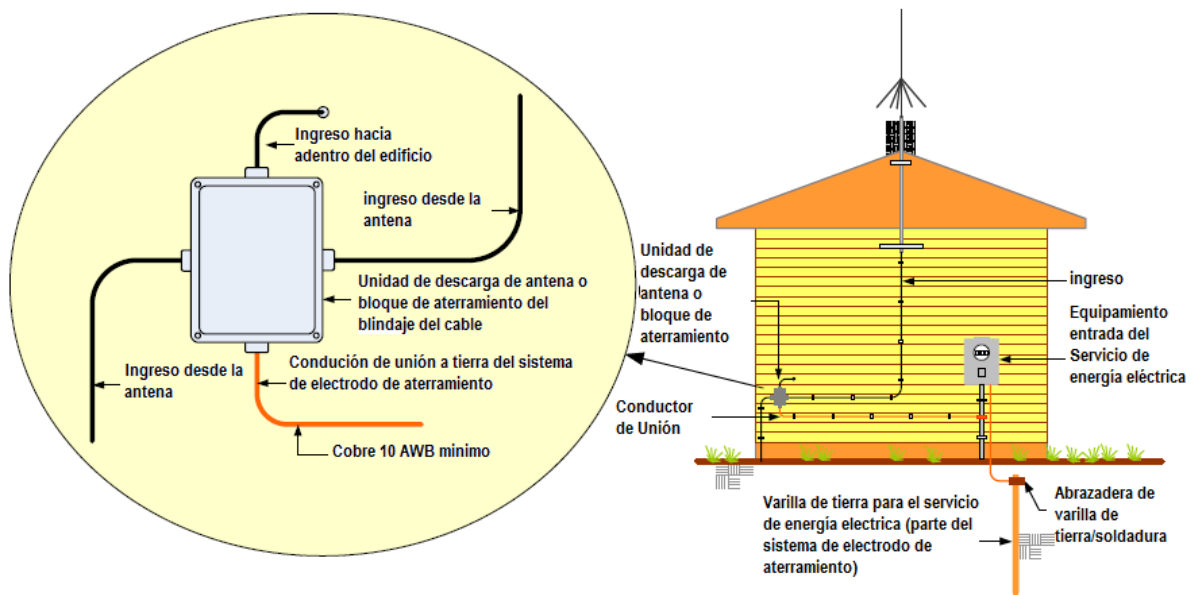






Fig. 3 - Unidad de descarga de antena. La unidad de descarga de la antena protege el cableado y la conexión de la antena contra sobretensiones causadas por rayos, caídas de cables de energía y acumulación de estática.

La Norma UL 452 cubre unidades de descarga de antena. En el momento de redactar este documento, solo hay tres fabricantes que fabrican productos listados (tabla 1). Como se puede ver, no hay dispositivos que tengan una aplicación de estación de radio específica (o incluso radio-aficionados). Esto ciertamente limita las alternativas para el cumplimiento con el NEC. Pero esto debe revisarse para la normativa local, es posible que tengan su propio listado, y una lista más exhaustiva.

Tabla 1 – UL 452 Unidades de Descarga de Antena listadas.

Fabricante	Numero de Modelo	Notas
Radio Systems Corp.	LP3000	Diseñadas para uso con cercas invisibles para perros.
Leviton	5350-SAT 	Diseñada para cable coaxial pero equipada con conectores F, 1.5 GHz máximo
Leviton	5350-PC 	Similar a –SAT pero se enchufa en el receptáculo de AC para aterramiento, 1 GHz máximo
Global Communications Ltd	DPP33 	Diseñado para conmutar cables coaxiales desde platos satelitales a tres receptores y tiene conectores tipo F.
Global Communications Ltd	DPP44 	Similar a DPP33 para 4 platos y receptores.

Cabe señalar que algunos fabricantes de dispositivos coaxiales de protección contra rayos (por ejemplo, Polyphaser, Altelicon y Terrawave) fabrican productos que sirven para las unidades de descarga de antenas, pero que no tienen todos sus productos listados como tales y, por lo tanto, no cumplen con la NEC en este respecto, no hablemos de los productos fabricados en China, Malasia, etc. que deberían necesariamente pasar por pruebas y registros, pero en cualquier caso se trata de una responsabilidad nacional.

En la siguiente sección se describe una alternativa aceptable a la Unidad de Descarga de Antena (conexión y conexión a tierra de blindajes de cable). Para completar, la siguiente información sobre las unidades de descarga de antena lo ayudará a comprender los requisitos y posiblemente a encontrar algo que funcione para su instalación.

Una unidad de descarga de antena consiste en un espacio de arco (espacio de chispa), una resistencia fija o un elemento de descarga, o una combinación, que se conecta entre cada terminal de entrada y un terminal de conexión a tierra. Las unidades de descarga de antena son dispositivos de limitación de voltaje (figura 4).

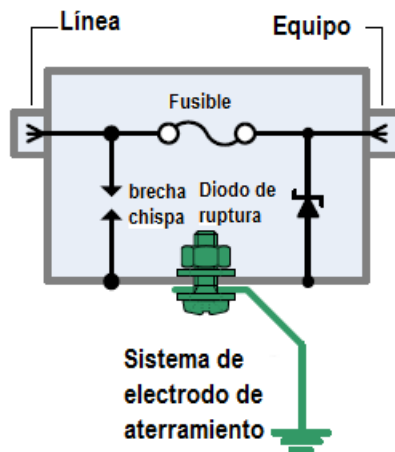


Fig. 4 - Esquema de una unidad de descarga de antena para conductores de cable. Esta unidad proporciona tanto la limitación de voltaje (supresión transitoria del voltaje o el diodo de ruptura como la chispa) y la limitación de corriente (fusible)

Durante una sobrecarga de voltaje causada por un evento de rayo, contacto accidental de energía (cruce de cables) o acumulación estática causada por viento o nieve, la ADU sostiene el voltaje en la entrada a algún valor máximo (los valores típicos varían de 90 a 240 V) y desvía la corriente resultante a tierra física a través de los conductores del electrodo de conexión a tierra. La energía asociada con el voltaje y la corriente se disipa de manera segura en la tierra. El dispositivo de limitación de voltaje real a menudo es un elemento de tubo de gas (figura 5).

Las unidades de descarga de antena usualmente están ubicadas fuera del edificio. Pueden estar ubicados dentro del edificio en el punto de entrada de la entrada pero no cerca de material combustible [par. 810.20 (B)]. Finalmente, la ADU debe estar conectada a tierra [par. 810.20 (C)]. Se proporcionan detalles adicionales después de la siguiente sección.

Fig. 5 – Unidad de descarga de antena para cable coaxial con conectores tipo N y un elemento de tubo de gas reemplazable. El elemento del tubo de gas ha sido retirado y es el pequeño cilindro justo encima del cuerpo principal y debajo del resorte y la tapa. Cuando el voltaje a través del tubo de gas alcanza su valor de umbral, el gas dentro del elemento conduce. La corriente resultante se desvía a tierra donde se disipa con seguridad. El tornillo para la conexión del conductor de unión está en la parte inferior del cuerpo. Este tipo de dispositivo supresor tiene características redundantes con respecto a NEC: limitación de voltaje de la unidad de descarga de la antena y la conexión a tierra del blindaje. Este dispositivo se muestra para ilustrar conceptos y no está listado en UL 452, al igual que el otro debajo de la empresa Polyphaser.





Alternativa a la Unidad de Descarga de Antena.

Una alternativa aceptable a una unidad de descarga de antena es usar cables blindados para todas las conexiones y asegurar que los blindajes estén conectados a tierra correctamente [par. 810.20 (A) Excepción]. Dado que actualmente no hay tantas ADU enlistadas, esta alternativa se convierte en su única opción en el contexto del NEC. Los blindajes de cable coaxial pueden unirse mediante un bloque de conexión a tierra de blindaje de cable (figura 6). Los bloques de conexión a tierra están disponibles solo con conectores F de 75 ohmios (diseñados para televisión por cable y satélite), por lo que no son adecuados donde es necesario prestar mucha atención a la reflexión de la señal en cables coaxiales de 50 ohmios. En general, en la mayoría de las aplicaciones de radio de aficionados en HF (3 ~ 30 MHz) o más bajas, esto no es un problema significativo. Muchos radiotelescopios de alta frecuencia utilizan cables y conectores de 75 ohmios. Sin embargo, usualmente se necesitan adaptadores para otros tipos de conectores en varias interfaces.



Fig. 6 - Bloque de puesta a tierra del blindaje del cable (derecha). El bloque de conexión a tierra que se muestra es el tipo comúnmente utilizado con la televisión por cable y las antenas parabólicas que tienen conectores F

A frecuencias más altas, VHF y superiores, la adaptación de impedancia necesita una atención más cuidadosa. Los equipos de radiotelescopios y los cables coaxiales a menudo se basan en una impedancia característica de 50 ohmios. Los conectores tipo F de 75 ohmios en los bloques de conexión a tierra pueden imponer un desajuste de impedancia inaceptable.

Donde los bloques de conexión a tierra del conector tipo F no funcionen, se pueden usar abrazaderas o correas de conexión a tierra con blindaje de cable coaxial (figura 7). Estos están disponibles a través de los principales fabricantes de cables coaxiales, como Times Microwave, Commscope (Andrew),

Terrawave, Alpha Wire, Victor Wire, Thermax, Coleman, Advanced Digital, Harbour Ind. Etc. y sus proveedores/distribuidores. Otra alternativa es utilizar una barra colectora de cobre con conectores de mamparo coaxial de alimentación directa o pararrayos coaxiales (figura 8).

Debido a que las unidades de descarga de antena no están disponibles para las aplicaciones de radio cubiertas por este artículo, también es necesario usar cables de control y alimentación blindados para equipos montados en torres y mástiles. Se podría usar un conducto metálico continuo o un sistema de canalización que encierre completamente el cable para este propósito, pero puede ser costoso y difícil de construir. Por lo tanto, la solución práctica es usar cables blindados ordinarios y unir los blindajes utilizando métodos similares a los cables coaxiales, como una pinza de unión descrita anteriormente o el llamado "unión bala" comúnmente utilizado en cables de telecomunicaciones blindados (figura 9).

Fig. 7 - abrazadera de unión de cable coaxial (derecha). Las abrazaderas de unión generalmente cubren una gama de diámetros de cable coaxial. La cubierta del cable se corta cuidadosamente para exponer el blindaje. La correa de cobre preformada (esquina inferior izquierda de la foto) se instala sobre el blindaje, se sella con la cinta de masilla incluida (superior) y luego se adhiere al sistema de electrodo de tierra utilizando el cable provisto. Este kit en particular cuesta aproximadamente USD \$ 35 y se usa con el cable coaxial LMR400. Se encuentran disponibles kits menos costosos por aproximadamente US \$ 10 que giran alrededor y luego sujetan el blindaje del cable expuesto



Fig. 8 - Barra de unión de blindaje de cable coaxial y conjunto de protección contra rayos. La barra de cobre de 2 pulgadas por 12 x 1/8, se compra en un sitio web de subastas o en casas del ramo de comunicaciones. Aquí en la foto se hicieron agujeros para nueve pararrayos y se instalaron siete (vea el tapón de recarga encima del protector). Los soportes en cada extremo fueron reciclados del equipo viejo. Los pararrayos mostrados utilizan conectores tipo N y proporcionan los medios para unir los blindajes de los cables a tierra.



Fig. 9 - Conector de enlace de protección (también llamado "unión bala"). Las variaciones de estos están disponibles para su uso con diferentes diámetros de cable. Las dos piezas se deslizan entre la cubierta del cable y el blindaje y entre el blindaje y el núcleo del cable y luego se sujetan con una tuerca. La otra tuerca sujeta la orejeta del anillo en el conductor de unión.

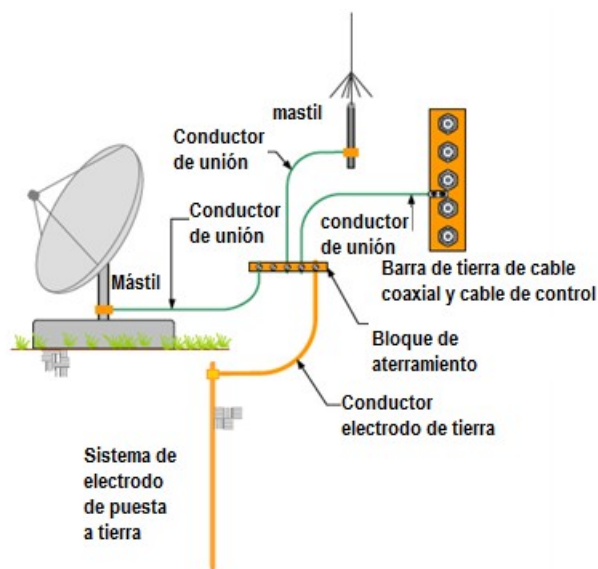


Uniones y Aterramiento

Los rayos, el contacto eléctrico y la acumulación de electricidad estática también pueden causar niveles de voltaje peligrosos en los mástiles y torres y pueden impactarle si los toca. Por lo tanto, junto con los cables blindados, las estructuras de soporte de la antena deben estar conectadas a tierra [par. 810.15]. Los conductores para este propósito se denominan conductores de unión y electrodos de conexión a tierra. El NEC diferencia entre los dos tipos de conductores porque sirven para propósitos diferentes (figura 10):

- Un conductor de unión conecta las partes metálicas entre sí, de modo que las diferencias de voltaje entre ellas son pequeñas, lo que minimiza el riesgo de choque si toca dos componentes metálicos que no están unidos directamente entre sí.
- Un conductor de electrodo de conexión a tierra conecta las partes metálicas unidas a un electrodo de conexión a tierra (comúnmente denominado conexión a tierra) o a un punto en un sistema de electrodo de conexión a tierra. Esto proporciona un camino para las corrientes no intencionales hacia la tierra, donde la energía se puede disipar de manera segura, lo que reduce la probabilidad de incendio y descarga, al limitar el voltaje de sobretensión.

Fig. 10 – Conductores de electrodos de unión y puesta a tierra. Cables de control y cables coaxiales no mostrados.



Los requisitos del electrodo de puesta a tierra se especifican en [par. 250.52] del NEC, que forma parte del capítulo 2, Cableado y protección, artículo 250, Conexión a tierra y unión. El electrodo de conexión a tierra más familiar es la varilla de conexión a tierra hecha de acero revestido de cobre o acero galvanizado, pero hay muchos otros, como el electrodo revestido de concreto (denominado tierra Ufer por el desarrollador Herbert G. Ufer vicepresidente retirado de UL durante la 2da. Guerra Mundial), placa metálica enterrada, revestimiento de pozo de agua, tubería de agua metálica enterrada y cable desnudo enterrado en varias configuraciones de anillo y rejilla (figura 11). Donde existe más de un electrodo, que se unen para formar un sistema de electrodo de conexión a tierra [artículo 250.50]. Las últimas dos

ediciones del NEC han aclarado y cambiado los requisitos para los electrodos de tierra en comparación con las ediciones anteriores. Estos cambios están fuera del alcance de este documento.

Los conductores utilizados para la unión y conexión al electrodo de puesta a tierra deben ser de cobre, aluminio, acero revestido de cobre, bronce o material similar resistente a la corrosión [par. 810.21 (A)]. Los conductores de aluminio y revestimiento de cobre no se pueden usar en contacto directo con o dentro de los 450 mm de la mampostería o el suelo debido a problemas de corrosión. La mayoría de las aplicaciones utilizan cobre o una aleación de cobre, pero las condiciones locales pueden indicar que otros materiales permitidos son mejores desde el punto de vista de la corrosión. Se debe evitar el aluminio porque las conexiones duraderas son difíciles de hacer con él. Los conductores de conexión y puesta a tierra pueden ser sólidos o trenzados, y pueden estar desnudos o aislados [par. 810.21 (B)]. Aunque no es requerido por el NEC, el inhibidor de corrosión (antioxidante) debe usarse en todas las conexiones de unión. Esto es especialmente importante cuando se utilizan herrajes de acero inoxidable. Burndy Penatrox e Ideal Noalox son dos ejemplos comúnmente disponibles.



Figura 11 –Varios tipos de electrodos de puesta a tierra. Donde exista más de uno, deben estar unidos entre sí.



Los conductores de unión y conexión a tierra deben estar bien sujetos en su lugar y protegidos físicamente donde estén expuestos a daños [párr. 810.21 (C) y 810.21 (D)]. El NEC no especifica los métodos de sujeción, el espaciado de los sujetadores o soportes, o los métodos de protección física, dejando esas decisiones en el sentido común del instalador. Las grapas, los clips y las bridas para cables con monturas son algunos ejemplos de sujetadores que pueden usarse para este propósito. En general, los soportes están espaciados a no más de 1 m. Simplemente que cubra los conductores con pequeño conducto o enrutamiento no metálico (por ejemplo, cloruro de polivinilo, PVC) de ellos de tal manera que no se pueda tirar, soltarse o romperse accidentalmente, generalmente es una protección adecuada.

Si los conductores de electrodos de conexión a tierra o de unión a tierra se instalan en pasarelas o bandejas de metal ferro magnético, como tubos metálicos eléctricos (EMT, también llamado pared delgada), conducto de metal intermedio (IMC) o conducto rígido galvanizado (GRC), se requieren ambos extremos de la pasarela sean conectadas al conductor de conexión o al electrodo de puesta a tierra. La unión de ambos extremos evita que el conductor y la canalización actúen como un inductor (estrangulamiento) y evitan o reducen el flujo de sobrecorriente y permiten que la tensión suba a niveles peligrosos. Desde un punto de vista práctico, los conductos no metálicos son una opción mucho mejor que los conductos metálicos para encerrar estos conductores y, por supuesto, no es necesario que estén unidos.

Los conductores de los electrodos de unión y conexión a tierra deben ejecutarse en el camino más recto posible sin bucles o curvas cerradas [par. 810.21 (E)]. Una trayectoria recta ofrece la menor impedancia al paso de la corriente de impulso.

Las curvas de los conductores generalmente son inevitables, en cuyo caso deben tener un radio de al menos 200 mm y formar un ángulo incluido menor a 90 grados. Cabe señalar que es posible un destello lateral (chispa eléctrica) cuando los conductores pasan a través de piezas metálicas no relacionadas. Esto puede minimizarse uniendo las partes metálicas al conductor.

Terminaciones

El NEC describe los requisitos para las conexiones al electrodo de puesta a tierra en términos de tres escenarios [par. 810.21 (F)]

1. Ubicaciones con una terminación de vinculación entre sistemas existentes.
2. Ubicaciones con un sistema de electrodos de puesta a tierra pero sin terminación de enlace entre sistemas.
3. Ubicaciones sin terminación de conexión entre sistemas ni sistema de electrodo de conexión a tierra.

Escenario 1: los conductores de conexión para el mástil de la antena o la torre y la unidad de descarga de antena deben conectarse a una terminación de conexión entre sistemas si hay uno disponible [párr. 810.21 (F) (1)]. La terminación de enlace entre sistemas se denomina comúnmente puente de conexión a tierra o bloque de conexión a tierra. Es una unión o barra de bus que proporciona un punto común para conectar los conductores de unión de diferentes sistemas (figura 12). Por ejemplo, interconecta los conductores de conexión y puesta a tierra asociados con el servicio de televisión por cable, el servicio telefónico regular, otros servicios de telecomunicaciones de banda ancha y, por supuesto, su sistema de antena de radio al sistema de electrodos de conexión a tierra del servicio de energía eléctrica..

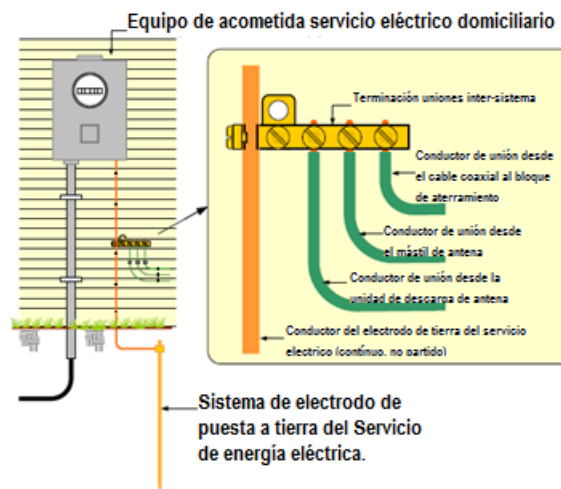


Fig. 12 - Escenario 1, sistema de conexión a tierra con terminación de enlace existente entre sistemas. La terminación de la conexión entre sistemas generalmente se monta en línea con el conductor de puesta a tierra del servicio de energía eléctrica para que pueda conectarse directamente al cable. Los conductores de unión individuales de los distintos sistemas de antena se conectan como se muestra.



Kit de Aterramiento Universal (UGBKit).

La terminación de la conexión entre sistemas reduce las diferencias de voltaje entre el sistema de energía eléctrica, los otros servicios, las antenas de radio y televisión y las estructuras de soporte durante un evento de rayo, lo que reduce el flujo de corriente dañino y el riesgo de descarga e incendio asociado. Está ubicado cerca del equipo de entrada de servicio eléctrico del edificio (el equipo de entrada de servicio generalmente es una base de medidor y un interruptor de desconexión principal).

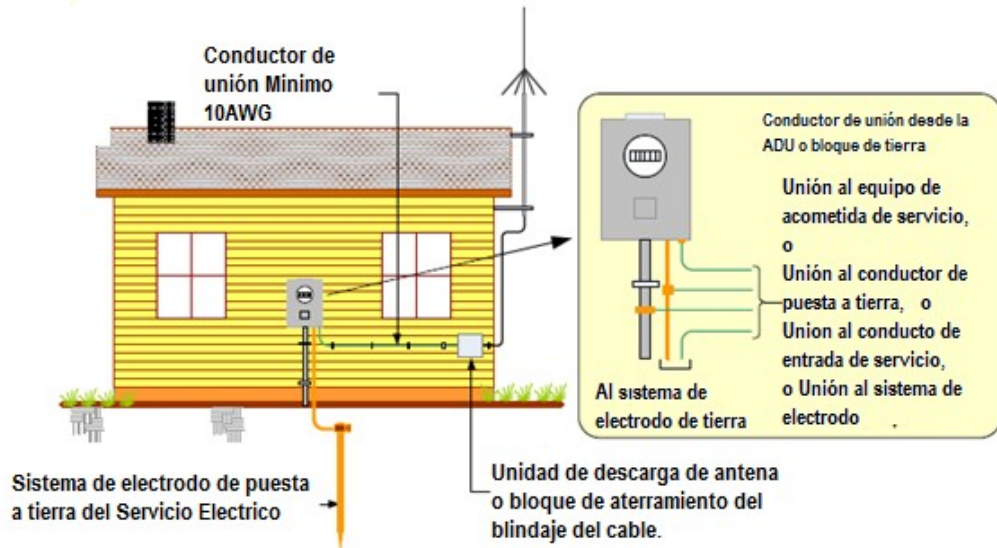
En general, solo los edificios y viviendas más nuevos tendrán una terminación de enlace entre sistemas, pero uno puede actualizarlo a la mayoría de las instalaciones existentes. Los requisitos para la terminación de enlace entre sistemas se especifican en el NEC [par. 250,94]. En general, debe ser accesible para conexión e inspección, tener suficientes terminales para conectar al menos tres conductores de enlace entre sistemas y estar conectados al sistema de electrodos de conexión a tierra del servicio eléctrico con un conductor de cobre de 6 AWG.

Escenario 2: cuando no está disponible una terminación de enlace entre sistemas, pero el edificio está equipado con un sistema de electrodos de conexión a tierra, se requiere que el conductor de unión o el conductor de electrodo de conexión a tierra estén conectados a la ubicación accesible más cercana en uno de los siguientes (figura 13) [par. 810.21 (F) (2)]

- Sistema de electrodos de puesta a tierra de edificios o estructuras, como se describe en [par. 250.50]. Hay muchas opciones, entre las que se incluyen tuberías de agua subterráneas metálicas, estructuras o estructuras metálicas de construcción, electrodos revestidos de concreto, anillos de tierra, electrodos de varillas y tuberías, electrodos de placa y otros sistemas o estructuras subterráneas locales de metal. Si existe más de uno de estos, deben estar unidos entre sí.
- El sistema de tubería de agua interior con conexión a tierra no está a más de 2 m de su punto de entrada, como se describe en [par. 250.52]. Si se usa, esta tubería debe estar en contacto directo con la tierra por lo menos 3 metros.
- Equipo de servicio de energía eléctrica externo al edificio, según lo cubierto en [par. 250.94]
- Canaleta de servicio de energía eléctrica metálica no flexible (conductor) con una abrazadera adecuada
- Caja del equipo de servicio de energía eléctrica con un tornillo adecuado.

- Conductor del electrodo de conexión a tierra o la caja metálica del conductor del electrodo de conexión a tierra del equipo de servicio de energía eléctrica.

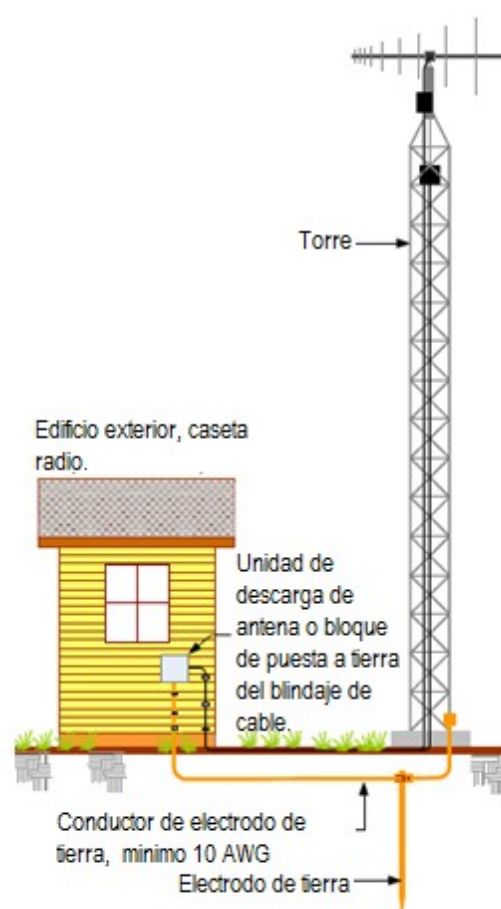
Fig. 13 - Escenario 2, sistema de conexión a tierra sin terminación de conexión entre sistemas (abajo). La unidad de descarga de la antena o el bloque de conexión a tierra del blindaje del cable están unidos a la ubicación accesible más cercana del sistema de electrodos de conexión a tierra. Se muestran cuatro ubicaciones comunes.



Cabe señalar que los sistemas de tuberías de gas subterráneas metálicas y el aluminio nunca deben usarse como electrodos de conexión a tierra, el primero para eliminar la posibilidad de explosión y el último para eliminar las juntas de alta resistencia debido a la corrosión del aluminio.

Escenario 3: si una antena está conectada a un equipo en un edificio anexo o en un recinto de equipo que no tiene alimentación de CA, es muy probable que el edificio no tenga una terminación de enlace entre sistemas o un sistema de electrodos de conexión a tierra. Esta configuración generalmente involucra un edificio anexo ("radio shack") para equipos alimentados por batería y está cerca de una torre o mástil. En ese caso, se debe instalar un electrodo de conexión a tierra para el sistema de antena y la unidad de descarga de antena o el bloque de conexión a tierra del blindaje del cable (figura 14). Los diversos electrodos de puesta a tierra que se pueden usar son los mismos que se mencionaron anteriormente [par. 250.52].

Fig. 14 - Escenario 3, no hay un sistema de puesta a tierra existente en un edificio anexo o sin armarios de equipos sin alimentación eléctrica. Se requiere un electrodo de tierra para el sistema de antena.



Dimensiones del Conductor

El conductor de unión o el electrodo de conexión a tierra pueden instalarse dentro o fuera del edificio [par. 810.21 (G)]. Los conductores no deben ser más pequeños que el cobre 10 AWG, el aluminio 8 AWG o el acero revestido de cobre 17 AWG o el bronce [par. 810.21 (H)]. No es necesario usar un conductor de conexión o un electrodo de conexión a tierra separados para fines operativos y de protección; un conductor puede servir para ambos propósitos [párr. 810.21 (I)].

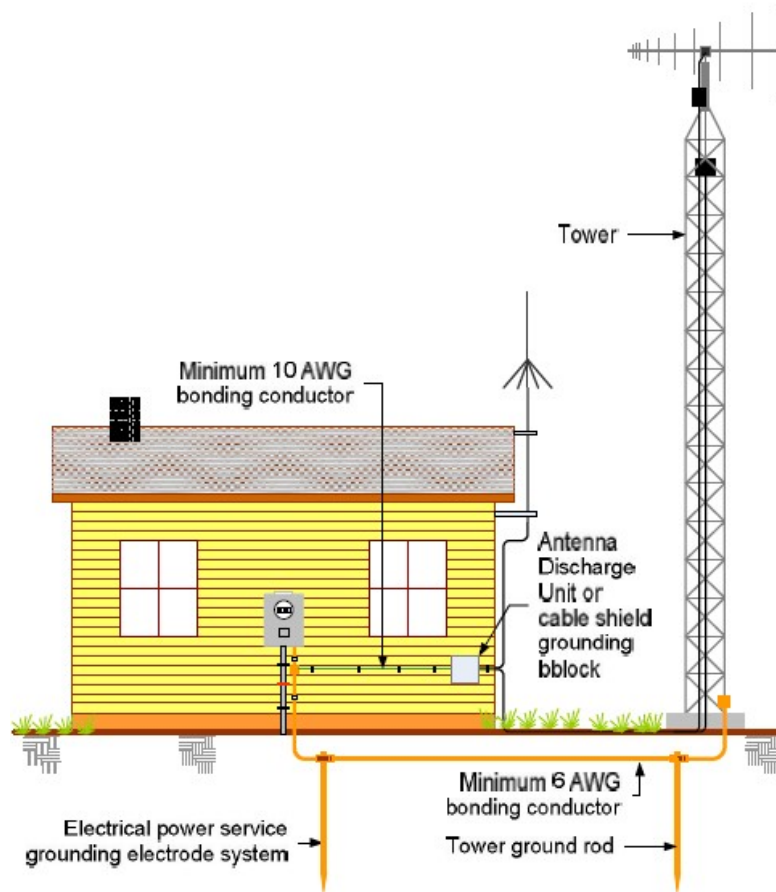
Una o más varillas de tierra generalmente se instalan en la base de una torre o mástil y en las ubicaciones de anclaje (figura 15).

Estas barras y otros electrodos de conexión a tierra deben unirse entre sí como se explicó anteriormente y luego deben conectarse al sistema de electrodos de conexión a tierra de energía eléctrica con un conductor mínimo de 6 AWG [par. 810.21 (J)]. En algunas instalaciones, este conductor de unión puede tener que seguir una ruta algo larga y tortuosa, tal vez en el otro lado del edificio, pero aún así se requiere.

Los conductores utilizados para la unión y la conexión a tierra no deben colocarse sobre la superficie del suelo porque se convierten en un peligro de tropiezo y están sujetos a daños por parte de vehículos, cortadoras de césped u otros equipos del patio. En su lugar, haga una hendidura en el césped o tierra y empuje el cable hacia abajo. Se hará demasiado grande en una o dos temporadas.

A veces, una roca debajo del cable lo empuja hacia arriba fuera del suelo debido a las heladas que se acumulan en áreas donde el suelo se congela en el invierno, así que asegúrese de examinar la ruta y hacer reparaciones cada primavera.

Fig. 15 - Conexión a tierra de un electrodo de conexión a tierra asociado con una torre.



Al unir el sistema de antena, es importante que las propiedades mecánicas y eléctricas de las trayectorias involucradas estén determinadas por los miembros conectados y no por la interconexión o la unión de unión. Esto significa que la unión debe tener una resistencia insignificante y una resistencia mecánica considerable, y debe realizarse de tal manera que resista todos los tipos de clima durante largos períodos de tiempo.

Conexiones de electrodos a tierra.

Los conductores de unión y los electrodos de conexión a tierra asociados con el sistema de antena deben estar correctamente conectados a los electrodos de conexión a tierra. Los métodos adecuados incluyen la soldadura exotérmica (Cadweld y Thermoweld son marcas familiares) y las lengüetas, conectores de presión y abrazaderas estarán enlistados. Las tiendas nacionales de ferretería y suministros eléctricos normalmente solo venden productos que cumplen con los requisitos de NEC o el código nacional aplicable, por lo que las abrazaderas de varilla de conexión a tierra enumeradas son fáciles de obtener y son económicas (figura 16). Las conexiones que dependen solo de la soldadura no son aceptables [par. 250.70] porque las corrientes inducidas por rayos pueden fundir la soldadura.

Fig. 16 - Abrazaderas de varilla de tierra. Las dos abrazaderas de la izquierda son para varillas de tierra de acero revestidas de cobre y pueden acomodar un solo conductor de electrodo de conexión a tierra. La

abrazadera de la derecha se usa para la conexión a una tubería o conducto galvanizado, como un mástil o una tubería de agua.



Los accesorios deben ser compatibles con los conductores y los materiales del electrodo de conexión a tierra. Los materiales compatibles suelen estar marcados en la conexión. Los dos más comunes son Cu para cobre y Al para aluminio.

Como es de esperar, una conexión marcada solo con Al no se puede usar con cableado de cobre.

Muchos accesorios tienen marcas duales (Cu / Al) y son adecuados para alambres de aluminio y cobre. Una vez más, se deben evitar los conductores de aluminio porque es difícil hacer conexiones duraderas con ellos.

A menudo es necesario conectar más de un conductor a un bloque de tierra o varilla de tierra. A menos que el conector o la conexión estén listados para varios conductores, solo se puede usar con un solo conductor; en otras palabras, se puede necesitar una abrazadera separada u otro dispositivo de conexión para cada conductor en una barra de tierra.

Finalmente, los accesorios que están encerrados en concreto o enterrados en tierra deben ser listados para el entierro directo. Esto será marcado en el cuerpo o en su paquete.

Costos

La unión y conexión a tierra adecuadas de los sistemas de antena cuesta dinero. Los kits de conexión a tierra con cable coaxial cuestan entre US \$ 10 y \$ 35. Los pararrayos coaxiales de rayos tienen un costo de US \$ 20 a varios cientos de dólares. Las varillas de tierra cuestan de US \$ 20 a \$ 60 y las abrazaderas asociadas cuestan de US \$ 3 a \$ 10. El alambre de cobre para la unión cuesta US \$ 0,30 o US \$ 1 por metro, o más. Incluso en una instalación simple, es fácil gastar unos doscientos dólares. Sin embargo, esos costos son bajos en comparación con los costos potenciales de no hacer nada o hacerlo de manera irregular.

Conclusiones

Los peligros eléctricos debidos a rayos, líneas eléctricas y acumulación estática están asociados con la mayoría de los sistemas de antena utilizados en equipos de radio. Los peligros se reducen mediante una unión y conexión a tierra adecuadas y utilizando cables blindados y protección contra sobretensiones. La aplicación de estas técnicas implica el sentido común, pero es fácil pasar por alto los requisitos detallados. Se deben revisar las normas aceptadas en el país para cumplir con la normativa, no solamente por el hecho de evitar una multa, no pasar una inspección, etc. sino por el hecho de asegurar la vida del personal operador y evitar daños mayores al equipamiento.

Referencias

- [1] NFPA 70, National Electrical Code, National Fire Protection Association, 2011
[2] NFPA 780, Standard for the Installation of Lightning Protection Systems, National Fire Protection Association, 2004
[3] Silver, H., Editor, ARRL Handbook for Radio Communications, ARRL, 2012

Otras lecturas sobre puesta a tierra, uniones y protecciones.

- Block, Roger., The "Grounds" for Lightning and EMP Protection, Polyphaser Corp., 1987
- Block, Ron, Lightning Protection for the Amateur Station, Parts 1, 2 and 3, QST, 2002 (June, July and August) [ARRL members may download an archive copy: <http://www.arrl.org/arrl-periodicalsarchive-search>]
- Frydeniund, M., Lightning Protection for People and Property, Van Nostrand Reinhold, 1993
- Hart, W. and Malone, E., Lightning and Lightning Protection, Interference Control Technologies, Inc., 1988
- Lightning Protection for Engineers, National Lightning Safety Institute (NLSI), 2004
- McCoy, L, How to Protect Your Station From Lightning, QST, 1962 (December) [ARRL members may download an archive copy: <http://www.arrl.org/arrl-periodicals-archive-search>]
- Military Handbook MIL-HDBK-419A, Vol. 1(Basic Theory) and 2 (Applications), Grounding, Bonding and Shielding for Electronic Equipments and Facilities, 1987 (www.tscm.com/MIL-HDBK-419A.PDF)
- Rakov, V. and Uman, M., Lightning: Physics and Effects, Cambridge University Press, 2006
- Rauber, R., Walsh, J., Charlevoix, D., Severe and Hazardous Weather, Kendall/Hunt Publishing Co., 2002
- Smith, A., Coupling of External Electromagnetic Fields to Transmission lines, 2nd Ed., Interference Control Technologies, Inc., 1989
- Sunde, E., Earth Conduction Effects in Transmission Systems, Dover Publications, 1968
- Vijayaraghavan, G., Brown, M., and Barnes, M., Practical Grounding, Bonding, Shielding and Surge Protection, Elsevier, 2004