



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCITT

K.11

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
TELEGRÁFICO Y TELEFÓNICO

**PROTECCIÓN
CONTRA LAS PERTURBACIONES**

**PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN
CONTRA LAS SOBRETENSIONES
Y SOBRECORRIENTES**

Recomendación K.11



Ginebra, 1991

PREFACIO

El CCITT (Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico) es un órgano permanente de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Este órgano estudia los aspectos técnicos, de explotación y tarifarios y publica Recomendaciones sobre los mismos, con miras a la normalización de las telecomunicaciones en el plano mundial.

La Asamblea Plenaria del CCITT, que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiarse y aprueba las Recomendaciones preparadas por sus Comisiones de Estudio. La aprobación de Recomendaciones por los miembros del CCITT entre las Asambleas Plenarias de éste es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 2 del CCITT (Melbourne, 1988).

La Recomendación K.11 ha sido preparada por la Comisión de Estudio V y fue aprobada por el procedimiento de la Resolución N.º 2 el 18 de marzo de 1991.

NOTA DEL CCITT

En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una Administración de telecomunicaciones como una empresa privada de explotación de telecomunicaciones reconocida.

© UIT 1991

Es propiedad. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, de fotocopia o de microfilm, sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

Recomendación K.11

PRINCIPIOS DE PROTECCIÓN CONTRA LAS SOBRETENSIONES Y SOBRECORRIENTES

(Ginebra, 1972; modificada en Málaga-Torremolinos, 1984 y Melbourne, 1988, revisada en 1990)

Introducción

En los actuales documentos del CCITT, se señala que el rayo y los fallos de instalaciones eléctricas próximas son fuentes de peligrosas perturbaciones en las líneas de telecomunicación, que pueden causar daños que acarreen la interrupción del servicio y la necesidad de efectuar reparaciones, constituyendo incluso un peligro para el personal.

La presente Recomendación tiene por objeto sentar los principios que permitan limitar la frecuencia y gravedad de tales perturbaciones a niveles que tengan en cuenta la calidad de servicio, los costes de explotación y la seguridad del personal. Estos principios son aplicables a todas las partes de un sistema de telecomunicaciones. En las referencias y en las Recomendaciones K.5, K.6, K.9, K.12, K.15, K.16 y K.17 se incluyen más detalles sobre ciertos métodos de protección y ciertas partes del sistema. En [1] y [2] se da información sobre los fenómenos perturbadores y las técnicas de protección (véase también la Recomendación K.26).

La presente Recomendación trata principalmente de la central local, la planta local de líneas de abonado y los equipos de abonado, pero sus aplicaciones pueden ser mucho más amplias.

Nota – Los fenómenos perturbadores, cuando se producen, son relativamente raros o de duración muy breve (generalmente del orden de una fracción de segundo), y en la elaboración de la presente Recomendación no se han tenido en cuenta métodos para evitar la interrupción del funcionamiento de los equipos durante una perturbación real. El CCITT prosigue el estudio de tales métodos.

1 Consideraciones generales

1.1 Origen de las sobretensiones y sobrecorrientes peligrosas

1.1.1 Descargas directas de rayos

Estas descargas pueden provocar la circulación de corrientes de varios miles de amperios por hilos o cables durante algunos microsegundos. Pueden producirse daños físicos y las sobretensiones de muchos kilovoltios pueden sobrecargar los dieléctricos de las instalaciones de línea y del equipo terminal.

1.1.2 Descargas de rayos próximas

Las corrientes debidas a descargas atmosféricas de una nube a tierra o de una nube a otra provocan sobretensiones en las líneas de tendido aéreo o en las líneas subterráneas próximas al lugar de la descarga. La superficie afectada puede ser grande en zonas con una elevada resistividad del suelo.

1.1.3 Inducción provocada por las corrientes de fallo en las líneas de transporte de energía, incluidos los sistemas de tracción eléctrica

Los fallos a tierra de los sistemas de transporte de energía provocan grandes corrientes asimétricas que circulan por la línea de transporte de energía induciendo sobretensiones en las líneas de telecomunicaciones adyacentes que siguen un camino paralelo. Las sobretensiones pueden llegar hasta varios kilovoltios con duraciones de 200 a 1000 ms (a veces incluso mayores) según el sistema de eliminación de fallo utilizado en la línea de transporte de energía.

1.1.4 *Contactos con líneas de transporte de energía*

Pueden producirse contactos entre líneas de transporte de energía y líneas de telecomunicación cuando catástrofes locales, por ejemplo, tormentas, incendios, etc., causan deterioro a ambos tipos de instalaciones o cuando no se respetan las medidas normales de separación o aislamiento. Las sobretensiones raramente exceden de 240 V en corriente alterna (valor eficaz) con relación a tierra en países en los que es ésta la tensión de distribución normal, pero pueden mantenerse durante un tiempo indefinido antes de ser advertidas. Cuando se emplean tensiones de distribución superiores, por ejemplo, de 2 kV, las disposiciones de protección de las líneas de energía aseguran normalmente la interrupción de la alimentación en un plazo breve tras el fallo. La sobretensión puede provocar la circulación de corrientes excesivas por la línea de toma de tierra de la central, causando deterioro al equipo y representando un peligro para el personal.

1.1.5 *Elevación del potencial de tierra*

Los fallos a tierra en los sistemas de transporte de energía producen corrientes en el suelo que elevan el potencial en las proximidades del lugar del fallo y del electrodo de puesta a tierra de la fuente de alimentación de energía (véase también la Recomendación K.9). Estos potenciales de tierra pueden afectar a las instalaciones de telecomunicación de dos maneras:

- a) Los sistemas de señalización de telecomunicación pueden funcionar incorrectamente si el electrodo de tierra de señalización se halla en un suelo cuyo potencial sólo es 5 V superior con respecto a la tierra verdadera. Tales tensiones pueden ser provocadas por fallos poco importantes en el sistema de transporte de energía que pueden pasar desapercibidos durante largo tiempo.
- b) Elevaciones mayores del potencial de tierra pueden representar un riesgo para el personal que trabaja en la zona afectada o, en casos extremos, pueden ser suficientes para perforar el aislamiento del cable de telecomunicaciones, provocando daños importantes.

1.2 *Métodos de protección*

1.2.1 Algunas de las medidas de protección para líneas que se describen en el § 2 reducen las sobretensiones y sobrecorrientes en su origen, disminuyendo con ello el riesgo de daños a todas las partes del sistema.

1.2.2 Otras medidas de protección que pueden aplicarse a determinadas partes del sistema, como las indicadas en los § 2, 3 y 4, se dividen en términos generales en dos grupos:

- utilización de dispositivos de protección que impiden que una cantidad demasiado alta de energía alcance las partes vulnerables, sea por desviación de esa energía (por ejemplo, descargadores de chispa), sea desconectando la línea (por ejemplo, fusibles);
- empleo de equipos con valores apropiados de rigidez dieléctrica, capacidad de paso de corriente e impedancia, a fin de que puedan soportar las condiciones a que son sometidos.

1.3 *Tipos de dispositivos de protección*

1.3.1 *Descargadores de aire con electrodos de carbón o metálicos*

Estos dispositivos se suelen conectar entre cada hilo de una línea y tierra y limitan la tensión que puede producirse entre sus electrodos. Son de bajo costo, pero su resistencia de aislamiento puede disminuir de modo apreciable tras un funcionamiento repetido, y es posible que deban sustituirse a menudo.

1.3.2 *Descargadores de gas*

Se conectan normalmente entre cada hilo de una línea y tierra o, como unidades de tres electrodos, entre un par y tierra. Sus características de funcionamiento pueden especificarse hasta límites precisos para satisfacer las exigencias del sistema. Estos dispositivos son compactos y pueden funcionar frecuentemente sin necesidad de atención alguna.

En la Recomendación K.12 se incluyen las características detalladas de descargadores de gas.

1.3.3 *Dispositivos de protección con semiconductores*

Los avances de la tecnología de estos dispositivos han permitido construir unidades que pueden utilizarse como protectores primarios y otras que deben utilizarse únicamente como protectores secundarios.

Las protecciones primaria y secundaria deben coordinarse siempre de una manera correcta.

a) *Dispositivos para la protección primaria*

Se realizan actualmente ensayos a gran escala de estos dispositivos, en sustitución de dispositivos con electrodos de carbón y de descargadores de gas. Los resultados de estos ensayos podrían depender de factores tanto técnicos como económicos.

Las ventajas que podrían ofrecer, en comparación con los electrodos de carbón, consistirían en la eliminación del ruido de circuito y en unos niveles de funcionamiento más bajos, y sus inconvenientes serían un coste más elevado, una autocapacidad mayor y una menor absorción de corriente.

En comparación con los descargadores de gas, podría resultar ventajosa la supresión de las descargas disruptivas, mientras que la mayor autocapacidad y la menor absorción de corriente podrían considerarse como inconvenientes.

Los ensayos no están terminados aún y esta tecnología podría seguir evolucionando.

b) *Dispositivos para la protección secundaria*

Según su colocación en un circuito, pueden diseñarse para que tengan unos niveles de sobretensión de funcionamiento de sólo 1 V y son precisos y rápidos, pero las corrientes excesivas pueden dañarlos a menos que estén coordinados correctamente.

1.3.4 *Fusibles*

Se conectan en serie con cada hilo de una línea y se desconectan cuando circula una corriente excesiva. Los fusibles normales tienen un hilo de sección uniforme que puede fundirse. Los fusibles lentos tienen un hilo de sección uniforme que se funde rápidamente cuando circula una corriente elevada y un elemento fusible en forma de muelle que se funde gradualmente y se desconecta cuando circulan corrientes más bajas durante un tiempo prolongado. Niveles típicos de funcionamiento son sobrecorrientes de 2 A y corrientes prolongadas de 250 mA. Los fusibles no deben mantener un arco después de funcionar. Los fusibles no ofrecen protección contra las sobretensiones debidas a rayos y en las zonas en las que estas sobretensiones son frecuentes pueden ser necesarios fusibles para valores muy elevados (hasta 20 A) para evitar contratiempos debidos a fallos de los fusibles. Estos fusibles pueden ofrecer una protección adecuada contra los contactos con líneas de transporte de energía. Los fusibles pueden también ser fuente de ruido y de fallos de desconexión.

1.3.5 *Bobinas térmicas*

Conectadas en serie con cada hilo de una línea, las bobinas térmicas desconectan la línea, la ponen a tierra, o hacen ambas cosas, con la tierra prolongada hasta la línea. Las bobinas térmicas suelen tener un componente fusible que actúa cuando circulan corrientes por lo general de 500 mA, durante unos 200 segundos.

1.3.6 *Limitadores de intensidad con restablecimiento automático*

Los fusibles y las bobinas térmicas tienen el inconveniente de que interrumpen permanentemente un circuito al funcionar y exigen entonces la sustitución manual. Existen dispositivos de impedancia variable que, tras su calentamiento por efecto de sobrecorrientes, experimentan un fortísimo aumento de su resistencia eléctrica. El dispositivo vuelve a tener la resistencia eléctrica baja normal cuando cesa la sobrecorriente. Se llama la atención sobre el tiempo de respuesta y la tensión máxima tolerada por esos dispositivos.

1.3.7 *Hilos fusibles*

Pueden utilizarse hilos fusibles para proteger las unidades de protección contra sobretensiones sin fusibles instaladas en líneas de telecomunicación contra el riesgo de sobrecalentamiento en caso de contacto prolongado de la línea de telecomunicación con una línea de distribución de energía eléctrica.

Los hilos fusibles son por lo general conductores aislados conectados en serie con la línea de telecomunicación entre el sitio expuesto a una línea de energía eléctrica y la unidad de protección. Estos conductores son por lo general dos calibres más pequeños que los conductores que terminan en la unidad de protección, y tienen una longitud adecuada para impedir la formación de un arco si no se desactiva rápidamente la línea de energía y se funden. Si los hilos fusibles, o parte de ellos, se instalan en un edificio y otro sitio donde puede existir peligro de incendio, se los encierra en una cubierta de cable, una caja de empalme u otro receptáculo adecuado para confinar cualquier arco que pueda producirse al fundirse estos conductores.

1.4 *Efectos residuales*

Las medidas de protección tienen esencialmente por efecto garantizar que la mayor parte de la energía eléctrica producida por una perturbación no se disipe en una parte vulnerable de la instalación y no alcance al personal. Sin embargo, un dispositivo cuyas características permitan una supresión ideal de todas las tensiones o corrientes relacionadas con perturbaciones no puede existir por las siguientes razones:

1.4.1 *Sobretensiones residuales*

Deberán tenerse en cuenta:

- a) las tensiones no reducidas por el dispositivo de protección por ser inferiores a su umbral de funcionamiento,
- b) los fenómenos transitorios que se producen antes de entrar en funcionamiento el dispositivo,
- c) las corrientes residuales mantenidas después del funcionamiento del dispositivo,
- d) los fenómenos transitorios producidos por el funcionamiento del dispositivo.

1.4.2 *Tensiones transversales*

Los dispositivos de protección instalados en los dos hilos de un par pueden no funcionar simultáneamente, dando lugar así a un impulso transversal. En determinadas condiciones, particularmente si el equipo que ha de protegerse es de baja impedancia, el funcionamiento de un dispositivo de protección puede impedir el funcionamiento del otro, y puede quedar una tensión transversal mientras haya tensiones longitudinales en la línea.

1.4.3 *Efecto sobre el funcionamiento normal del circuito – Diseño coordinado*

Hay que prever un margen suficiente entre la tensión de funcionamiento de los dispositivos de protección y la mayor de las tensiones presentes en la línea durante el funcionamiento normal.

De modo semejante, las características normales (impedancias internas) de los elementos de protección han de ser compatibles con el funcionamiento normal de las instalaciones, para el cual habrá de tener en cuenta la posible presencia de aquéllos.

1.4.4 *Alteraciones resultantes*

Un dispositivo de protección puede resguardar una sección de la línea a costa de otra, por ejemplo, si un fusible de repartidor principal funciona a causa de un contacto con una línea de energía, la tensión en la línea de telecomunicaciones puede alcanzar el valor de la tensión nominal de la línea cuando el fusible desconecta la tierra del equipo de telecomunicaciones.

Asimismo, el funcionamiento de un dispositivo de protección puede reducir mucho la impedancia interna equivalente de un circuito con relación al equipo a que está conectado, lo que permite que circulen corrientes que pueden causar daños.

1.4.5 *Coordinación de dispositivos de protección primaria y secundaria*

Para la protección de equipo sensible es a veces necesario utilizar más de un dispositivo de protección, por ejemplo, un dispositivo de funcionamiento rápido y baja corriente tal como un semiconductor y un dispositivo de funcionamiento lento y alta corriente tal como un descargador de gas. En tales casos deben tomarse medidas para asegurar que en el caso de una sobretensión de larga duración el dispositivo de baja corriente no impida el funcionamiento del dispositivo de alta corriente, pues si esto ocurre el primero puede resultar deteriorado, o puede circular una corriente excesiva por los hilos de interconexión.

1.4.6 *Elevación de la temperatura*

Los dispositivos de protección deben construirse e instalarse de tal modo que la elevación de temperatura causada por su funcionamiento no cause daños a las cosas o represente un peligro para las personas.

1.4.7 *Disponibilidad del circuito*

El circuito protegido puede quedar temporal o permanentemente fuera de servicio cuando funciona un dispositivo de protección.

1.4.8 *Probabilidad de fallo*

El uso de dispositivos de protección puede causar problemas de mantenimiento por falta de fiabilidad. Estos dispositivos también pueden impedir la aplicación de ciertos procedimientos de prueba de líneas y de equipo.

1.5 *Evaluación de los riesgos*

1.5.1 El comportamiento de un sistema de telecomunicaciones en lo que respecta a las sobretensiones depende de:

- el entorno, es decir, magnitud y probabilidad de las sobretensiones que se producen en la red de líneas asociada con el sistema;
- los métodos de construcción utilizados en la red (véase el § 2);
- la insensibilidad a las sobretensiones de los equipos del sistema;
- la instalación de dispositivos de protección;
- la calidad del sistema de puesta a tierra previsto para el funcionamiento de los dispositivos de protección.

1.5.2 *Entorno*

Al hacer una evaluación del entorno deben tenerse en cuenta los factores mencionados en el § 1.1.

La gravedad de las sobretensiones producidas por descargas de rayo varía mucho de una localidad a otra. Un alto nivel cerámico y una alta resistividad del suelo aumentan el riesgo de descargas directas y próximas de rayos y, como los rayos son la causa de un gran número de averías del sistema de distribución de energía, los efectos de inducción y de subida del potencial de tierra aumentan también. Por otro lado, las instalaciones metálicas subterráneas, como tuberías de agua, cables armados, etc., constituyen una pantalla para los cables telefónicos y reducen considerablemente las sobretensiones debidas al rayo o la inducción.

- La experiencia muestra que en el centro de las ciudades y en regiones de baja actividad cerámica, las sobretensiones no suelen rebasar las tensiones residuales de los dispositivos de protección, por lo que tales entornos pueden considerarse «no expuestos». En las Recomendaciones K.20 y K.21 se especifican las pruebas que han de aplicarse a los equipos para uso sin protección en entornos no expuestos; estas pruebas dan una indicación sobre el entorno más desfavorable que puede considerarse como no expuesto.
- Todos los demás ambientes se consideran «expuestos», aunque, por supuesto, esta categoría abarca una extensa gama de condiciones, incluidas situaciones excepcionalmente expuestas en que sólo puede lograrse un servicio satisfactorio utilizando todas las medidas de protección disponibles.

En el caso de tensiones inducidas y subida del potencial de tierra, las sobretensiones pueden calcularse como se indica en la referencia [2], donde se recomiendan también los valores máximos que pueden admitirse bajo condiciones diversas.

1.5.3 *Registros de averías*

Los riesgos de sobretensiones y sobrecorrientes sólo pueden evaluarse debidamente en base a la experiencia. Se recomienda llevar las estadísticas de averías de una forma adecuada para esa finalidad. Las averías debidas a sobretensiones o sobrecorrientes y las debidas a fallos de los componentes protectores, conviene separarlas entre sí, y también de otras averías de los componentes.

1.6 *Decisiones en materia de protección*

1.6.1 Cuando se examina el grado en que la red de telecomunicaciones ha de soportar las sobretensiones, cabe distinguir dos tipos de fallos:

- Fallos leves que sólo afectan a pequeñas partes del sistema. Puede admitirse que se produzcan a un nivel aceptable por la Administración.
- Averías importantes, incendios, averías de centrales, etc., que, en la medida de lo posible, deben evitarse absolutamente.

En la Recomendación K.20 se presentan ejemplos de las condiciones que podrían permitirse de modo que se causen fallos leves, pero no averías importantes. Conviene también que el fallo de un solo dispositivo de protección no dé lugar a una avería importante.

1.6.2 Conviene prestar atención particular a la protección contra las sobretensiones y las sobrecorrientes en los nuevos tipos de centrales o equipos de abonado, a fin de asegurar que las ventajas que ofrecen sus servicios suplementarios mejorados no se pierdan como consecuencia de averías inadmisibles resultantes de la exposición a sobretensiones o sobrecorrientes. Es posible que tales equipos sean por naturaleza sensibles a estas condiciones y que su deterioro o funcionamiento defectuoso pueda afectar a partes importantes de un sistema.

1.6.3 Se hace observar que una protección excesiva, mediante la instalación de dispositivos de protección innecesarios no sólo es antieconómica sino que puede afectar al comportamiento del sistema ya que los propios dispositivos de protección pudieran ocasionar averías.

Para evitar las perturbaciones causadas a los circuitos de telecomunicación por los dispositivos de protección activados, deberán considerarse los valores de la tensión de cebado y el número de descargadores.

1.6.4 En base a las consideraciones que anteceden y la evaluación de los riesgos de conformidad con el § 1.5, conviene tomar una decisión sobre el grado de protección que ha de darse en todas las partes del sistema. Deben tenerse en cuenta consideraciones de tipo comercial, como el coste de las medidas de protección y de las reparaciones, las relaciones con los clientes y la frecuencia probable de averías debidas a sobretensiones y sobrecorrientes en relación con la tasa de averías por otras causas.

La responsabilidad de la toma de esta decisión y de la provisión de todos los dispositivos de protección necesarios para coordinar las líneas y los equipos debe estar claramente definida.

Es necesario que los fabricantes de equipos sean informados por las Administraciones sobre las condiciones que los equipos deben soportar, y que los ingenieros de línea conozcan los límites que podrán soportar los equipos que se conectarán a las líneas. El ingeniero de línea debe determinar también las limitaciones impuestas al equipo conectado a la línea, según el grado de protección de la línea que se proporcione. Cuando diferentes partes de la red, como los aparatos de abonado, las líneas y los centros de conmutación, pertenezcan a diferentes entidades, es posible que dicha coordinación requiera procedimientos formales como la elaboración de normas locales. En las Recomendaciones K.20 y K.21 se dan instrucciones para la preparación de tales normas.

2 **Protección de las líneas**

2.1 *Medidas de protección exteriores a los propios conductores*

2.1.1 Las líneas de telecomunicación pueden apantallarse en cierta medida contra el rayo mediante estructuras metálicas adyacentes puestas a tierra, por ejemplo, líneas de transporte de energía o sistemas ferroviarios electrificados. Con pantallas metálicas eficaces en forma de cubiertas de cable, canalizaciones de cable o hilos de guarda contra el rayo pueden reducirse los efectos de este tipo de sobretensiones y de la inducción causada por líneas de transporte de energía. En las zonas de elevada actividad cerámica se emplean a menudo cables especiales con múltiples apantallamientos y elevada rigidez de aislamiento. La unión de todos los elementos metálicos proporciona una útil protección.

2.1.2 La inducción provocada por líneas de transporte de energía puede minimizarse coordinando los trabajos de instalación de las líneas de energía y de telecomunicaciones. El nivel de inducción puede reducirse en su origen mediante la instalación de hilos a tierra y de limitadores de corriente en el sistema de transporte de energía.

2.1.3 La probabilidad de contacto entre las líneas de energía y de telecomunicaciones se reduce observando las normas convenidas de instalación, separación y aislamiento. Se plantean consideraciones económicas, pero a menudo es posible utilizar conjuntamente zanjas, postes y canalizaciones, siempre que se adopten las adecuadas medidas de seguridad (véanse las Recomendaciones K.5 y K.6). Es particularmente importante evitar contactos con líneas de alta tensión respetando una norma rigurosa de instalación, pues de producirse tales contactos puede resultar muy difícil evitar graves consecuencias.

2.2 *Cables especiales*

Pueden utilizarse cables especiales de alta rigidez dieléctrica cuando haya probabilidad de que se produzcan sobretensiones elevadas.

Los cables ordinarios con aislamiento y cubierta de plástico tienen una rigidez dieléctrica superior a la de los provistos de aislamiento de papel y cubierta de plomo, y son apropiados para la mayoría de las situaciones en que se utilizaban antiguamente cables con aislamiento muy grueso. El uso de cables con aislamiento reforzado puede justificarse en situaciones en que las líneas de transporte de energía están excepcionalmente próximas, son paralelas en un largo trayecto, existe una gran subida del potencial de tierra en las proximidades inmediatas de las estaciones de energía eléctrica o en las que hay una gran exposición al rayo debido a un alto nivel cerámico y una baja conductividad del suelo.

Otros ejemplos del empleo de cables especiales:

- cables de cubierta metálica que ofrecen un buen factor de reducción a los circuitos de pantalla en el interior del cable;
- cables que llevan circuitos a torres de radiocomunicaciones expuestas y que tienen que permitir el paso de corrientes de rayo sin deteriorarse;
- cables de fibra óptica totalmente dieléctricos (es decir, no metálicos) para lograr el aislamiento entre largos de cable conductivos.

2.3 *Utilización de dispositivos de protección*

Puede ser conveniente la utilización de dispositivos de protección en las siguientes circunstancias:

2.3.1 Los dispositivos de protección pudieran ser más económicos que la construcción especial descrita en los § 2.1 y 2.2. No deben olvidarse a este respecto los costes de mantenimiento, ya que los dispositivos de protección entrañan inevitablemente algunos gastos de mantenimiento y, en cambio, los cables especiales, el apantallamiento, etc., aunque inicialmente costosos, no suelen entrañar gastos continuos.

2.3.2 Los propios cables con aislamiento muy grueso pueden no ser dañados por sobretensiones o sobrecorrientes, pero podrían transmitir esas condiciones a otras partes más vulnerables de la red. Se requiere, por consiguiente, una protección adicional para los cables más vulnerables, siendo ello tanto más importante cuando se trata de cables subterráneos de gran capacidad cuya reparación es onerosa y afecta al servicio de muchos abonados.

2.3.3 Las sobretensiones inducidas por fallos de líneas de transporte de energía o líneas de tracción pueden incluso exceder los niveles permitidos por las *Directrices* aun después de haberse adoptado todas las medidas de protección posibles.

2.4 *Instalación de dispositivos de protección*

2.4.1 Para proteger el aislamiento de los conductores, conviene unir todas las cubiertas, pantallas, etc., metálicas, y conectar dispositivos de protección contra sobretensiones entre los conductores y esta unión metálica que ha de estar conectada a tierra. Esta técnica es particularmente útil en zonas cuyo suelo tiene una alta resistividad, pues evita la necesidad de costosos sistemas de electrodos para la conexión a tierra del dispositivo de protección.

2.4.2 Cuando se utilizan dispositivos de protección para reducir las altas tensiones que aparecen en las líneas de telecomunicaciones debido a la inducción de las corrientes de falta de las líneas de energía, éstos deberán instalarse en todos los hilos a intervalos apropiados y en ambos extremos del tramo de línea afectado, o lo más próximo posible a éste.

2.4.3 Para proteger los cables subterráneos contra las sobretensiones debidas al rayo pueden instalarse dispositivos de protección en los puntos de conexión con las líneas aéreas. Los dispositivos de protección instalados en el repartidor principal y en los terminales de abonado reducen el riesgo de los daños a las líneas, pero su función principal es la de proteger los componentes cuya rigidez dieléctrica es inferior a la de los cables. Véanse las Recomendaciones K.20 y K.21.

2.4.4 Las conexiones de las líneas y las tomas de tierra a los dispositivos de protección contra las sobretensiones causadas por el rayo han de ser lo más cortas posible para reducir al mínimo los niveles de sobretensión entre las líneas y el punto de unión equipotencial.

2.5 *Planificación de los trabajos*

Las consideraciones generales de los § 1.5 y 1.6 se aplican a la protección de las líneas. En la mayor medida posible, se recomienda que las medidas de protección aplicadas a la línea se decidan, al iniciar un proyecto, en función del entorno. Puede ser difícil y oneroso lograr una norma satisfactoria de fiabilidad de una línea instalada inicialmente con protección insuficiente.

2.6 *Criterios recomendados*

Cuando las líneas de una red de telecomunicaciones están expuestas a perturbaciones frecuentes o graves, ocasionadas por fallos de la línea eléctrica o por el rayo, debe limitarse la tensión de esas líneas con respecto al potencial de tierra local, ya sea conectando dispositivos de protección entre los conductores de línea y tierra, o empleando métodos de construcción adecuados para la línea.

3 **Protección de centrales y de equipos de transmisión**

3.1 *Necesidad de protección externa al equipo*

Las organizaciones de explotación deben tener en cuenta la posible necesidad de instalar dispositivos de protección externos al equipo, habida cuenta de las siguientes consideraciones:

3.1.1 Una línea de telecomunicaciones puede ofrecer cierta protección al equipo en determinadas condiciones, por ejemplo:

- puede fundirse un conductor y desconectarse ante una corriente excesiva;
- puede perforarse un aislamiento de conductor y reducir una sobretensión;
- puede producirse un cebado a nivel de los dispositivos de conexión y reducir las sobretensiones.

3.1.2 El hecho de que los cables con aislamiento de plástico sean cada vez más robustos tiene por efecto un aumento de los niveles de las sobretensiones y sobrecorrientes que pueden circular por las líneas y ser aplicados al equipo. Por el contrario, el uso de componentes electrónicos miniaturizados en centrales y equipos de transmisión tiende a aumentar su vulnerabilidad a las perturbaciones eléctricas.

Por estos motivos, en zonas expuestas a perturbaciones frecuentes e importantes (caída de rayos, líneas de transmisión de energía, suelo de baja conductividad), suele ser necesario intercalar dispositivos de protección de los tipos descritos en el § 1.3 entre los conductores de cables y los equipos a los que se conectan, preferiblemente en el repartidor principal. Con ello se evitará que los cables entre el repartidor principal y los equipos tengan que soportar necesariamente elevadas sobrecorrientes.

Los dispositivos de protección se instalan del lado línea del repartidor principal para evitar que las corrientes de descarga pasen necesariamente por el bastidor de hilos volantes del repartidor principal, y a fin de exponer lo menos posible el cableado y las cintas terminales del repartidor a la tensión de red, ante la eventualidad de que un contacto con la línea de alimentación en energía dé lugar a que un dispositivo de protección en serie desconecte la línea.

3.1.3 En lugares menos expuestos, puede suceder que las perturbaciones (tensiones y corrientes) tengan características estadísticas de nivel y frecuencia tan bajos que, en la práctica, los riesgos no sean superiores a los resultantes de los efectos residuales indicados en el § 1.4 para zonas expuestas. En tal caso, los dispositivos de protección no tienen ninguna finalidad, y su instalación representa un gasto innecesario.

3.2 *Necesidad de que los equipos tengan un nivel mínimo de robustez eléctrica*

En lugares donde las líneas están expuestas y se instalan dispositivos de protección, los efectos residuales tratados en el § 1 pueden dar lugar a que aparezcan sobretensiones y sobrecorrientes en los equipos. En entornos menos expuestos, las perturbaciones descritas en el § 3.1.3 pueden dar lugar a efectos similares. Es necesario que los equipos estén concebidos para soportar tales condiciones, y en la Recomendación K.20 se dan recomendaciones detalladas sobre el grado de autoprotección que deben ofrecer los equipos.

3.3 *Efecto de las condiciones de conmutación*

Dado que es necesario modificar, durante las fases sucesivas del establecimiento de una comunicación, la configuración e interconexión de los equipos conectados a una determinada línea, es importante no limitar el estudio sobre la protección exclusivamente a los equipos de una sola línea. Gran parte de los equipos son comunes a todas las líneas y pueden estar expuestos a perturbaciones cuando se conectan a una línea particular.

Si es breve la duración efectiva de la conexión a las líneas, cabe tener en cuenta la consiguiente disminución de la probabilidad de exposición al evaluar la eficacia de los dispositivos de protección instalados. Por otra parte, los equipos comunes deben protegerse mejor dado que, en caso de fallo, se corre el riesgo de una degradación más grave del comportamiento de la central o de la zona.

4 **Protección de los equipos terminales de abonado**

Los métodos de protección ya especificados para los equipos de la central pueden a menudo aplicarse con provecho a los equipos de abonado. La Recomendación K.21 contiene pruebas detalladas para determinar el grado de autoprotección del equipo de abonado. Conviene también examinar los aspectos concretos que seguidamente se describen.

4.1 *Grado de exposición*

Las líneas que van a instalaciones próximas de centrales en zonas urbanas o industriales suelen estar poco expuestas a descargas gracias al efecto de apantallamiento de las numerosas estructuras metálicas cercanas, como se indica en el § 2.1.

Por otra parte, las líneas que van a instalaciones alejadas de zonas construidas pueden estar muy expuestas dada su longitud, la ausencia de un entorno protector, líneas aéreas hacia el terminal del abonado y alta resistividad del suelo. La robustez mecánica de los cables aéreos en el terminal de abonado hace que el efecto de las descargas sea tanto más grave, dado que por la propia línea pueden propagarse elevadas tensiones y corrientes.

4.2 *Rigidez dieléctrica*

Conviene que el aislamiento entre las partes conductoras conectadas a las líneas y las demás partes accesibles al usuario tenga una alta rigidez dieléctrica.

4.3 *Utilización de dispositivos de protección*

Cuando las líneas telefónicas están expuestas a perturbaciones frecuentes e importantes debidas a fallos de las líneas de distribución de energía o a descargas de rayos, debería limitarse la tensión de las líneas con relación al potencial de tierra local conectando dispositivos de protección de los tipos descritos en el § 1.3 entre los conductores de la línea y el terminal de toma de tierra.

Conviene elegir la rigidez dieléctrica de los equipos terminales teniendo en cuenta la tensión de ruptura del dispositivo de protección y la impedancia de la línea entre dicho dispositivo y su conexión a tierra.

4.4 *Punto de unión común*

Puede ocurrir que en las instalaciones del equipo terminal de abonado no se disponga de una toma de tierra de baja resistencia para los dispositivos de protección contra las sobretensiones, o que los costes de instalación de una toma de tierra apropiada de baja resistencia sean excesivos frente a los costes de otras instalaciones. Por otra parte, el equipo terminal puede ubicarse junto a sistemas enterrados, como son las tuberías de agua, o ser alimentado en energía a partir de una red eléctrica.

Para reducir al mínimo tanto los daños que puedan ocasionarse a los equipos como la exposición del abonado a altas tensiones, aun en el caso de que la resistencia del terreno no sea suficientemente baja, todos los sistemas conectados a tierra, tierras de señalización y el neutro de la red eléctrica deben conectarse juntos, sea directamente, sea a través de un descargador de chispa. Aunque esta unión pueda resultar onerosa, evita la dificultad de proveer una toma de tierra de baja resistencia, y constituye una técnica muy utilizada. En algunos países, la conexión al neutro de la red eléctrica se rige por disposiciones nacionales, por lo que es necesario obtener el acuerdo de la compañía responsable de la red de distribución eléctrica.

4.5 *Reglamentos nacionales*

En muchos países existen normas nacionales relativas a la protección de los usuarios de equipos de telecomunicación, no sólo contra el riesgo asociado con la conexión a la red de distribución de energía eléctrica, sino también contra las condiciones que pueden presentarse en la línea telefónica.

4.6 *Elevado coste del mantenimiento de las instalaciones de abonado*

El coste de las reparaciones en instalaciones terminales expuestas puede ser elevado por la distancia desde el centro de mantenimiento, el tiempo del transporte y, posiblemente, la gravedad de los daños. Además, un grado insuficiente de protección da lugar a interrupciones repetidas del servicio que, en particular, reducen la calidad del mismo y el grado de satisfacción del abonado. Ello justifica la prestación de una atención especial a las medidas de protección.

Referencias

- [1] Manual del CCITT *Protección contra el rayo de las líneas e instalaciones de telecomunicación*, UIT, Ginebra, 1974, 1978.
- [2] Manual del CCITT *Directrices relativas a la protección de las líneas de telecomunicación contra los efectos perjudiciales de las líneas de energía eléctrica y de las líneas ferroviarias electrificadas*, UIT, Ginebra, 1988.

