



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

**UIT-T**

SECTOR DE NORMALIZACIÓN  
DE LAS TELECOMUNICACIONES  
DE LA UIT

**K.10**

(10/96)

SERIE K: PROTECCIÓN CONTRA LAS  
INTERFERENCIAS

---

**Interferencia de baja frecuencia debida a la  
asimetría con respecto a tierra de los equipos  
de telecomunicación**

Recomendación UIT-T K.10

(Anteriormente Recomendación del CCITT)

---

RECOMENDACIONES DE LA SERIE K DEL UIT-T  
**PROTECCIÓN CONTRA LAS INTERFERENCIAS**

*Para más información, véase la Lista de Recomendaciones del UIT-T.*

## PREFACIO

El UIT-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones) 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 Conferencia Mundial de Normalización de las Telecomunicaciones (CMNT), que se celebra cada cuatro años, establece los temas que han de estudiar las Comisiones de Estudio del UIT-T, que a su vez producen Recomendaciones sobre dichos temas.

La aprobación de Recomendaciones por los Miembros del UIT-T es el objeto del procedimiento establecido en la Resolución N.º 1 de la CMNT (Helsinki, 1 al 12 de marzo de 1993).

La Recomendación UIT-T K.10 ha sido revisada por la Comisión de Estudio 5 (1993-1996) del UIT-T y fue aprobada por la CMNT (Ginebra, 9 al 18 de octubre de 1996).

---

## NOTAS

1. En esta Recomendación, la expresión «Administración» se utiliza para designar, en forma abreviada, tanto una administración de telecomunicaciones como una empresa de explotación reconocida de telecomunicaciones.
2. Los términos anexo y apéndice a las Recomendaciones de la serie K deberán interpretarse como sigue:
  - el *anexo* a una Recomendación forma parte integrante de la misma;
  - el *apéndice* a una Recomendación no forma parte integrante de la misma y tiene solamente por objeto proporcionar explicaciones o informaciones complementarias específicas a dicha Recomendación.

© UIT 1997

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.

## ÍNDICE

	<i>Página</i>
1	Introducción ..... 1
2	Alcance..... 1
3	Textos de referencia ..... 1
4	Definiciones ..... 2
4.1	Representación del circuito de referencia ..... 2
5	Prueba de asimetría ..... 3
5.1	Disposición de la prueba..... 3
5.2	Condiciones de prueba..... 4
5.3	Mediciones..... 5
6	Valores admisibles ..... 6
7	Protección contra los efectos de la asimetría de los equipos ..... 7
Apéndice I – Mecanismos perturbadores ..... 7	
I.1	Origen de los efectos de ruido ..... 7
I.2	Mecanismo de conversión a la entrada de un equipo ..... 8

## **RESUMEN**

La presente Recomendación da valores extremos de asimetría con respecto a tierra de los equipos de telecomunicaciones en el dominio de la banda de bajas frecuencias (por debajo de algunas decenas de kHz), presenta métodos de medición que permiten caracterizar los efectos de la asimetría y proporciona información acerca de la elección de medios de protección pertinentes.



# **INTERFERENCIA DE BAJA FRECUENCIA DEBIDA A LA ASIMETRÍA CON RESPECTO A TIERRA DE LOS EQUIPOS DE TELECOMUNICACIÓN**

*(Mar del Plata, 1968; revisada en 1984, 1993, 1996)*

## **1 Introducción**

Cuando una instalación de telecomunicaciones situada en un entorno electromagnético presenta una asimetría de impedancia con respecto a un conductor de referencia (tierra, conductor común), expone la red no sólo a efectos de ruido que perturban las señales útiles (aspecto relativo a la recepción), sino también a fenómenos de radiación que pueden perturbar otras instalaciones de telecomunicación situadas en las cercanías (aspecto relativo a la emisión).

Desde este punto de vista, la simetría constituye un aspecto fundamental de la calidad que se requiere para la compatibilidad electromagnética de las redes.

Esta Recomendación presenta métodos de medición que permiten caracterizar los efectos de la asimetría, y proporciona también información sobre la elección de medios de protección pertinentes. El usuario encontrará en el Apéndice I algunos instrumentos teóricos, que resultan útiles para el análisis de los equipos que presentan asimetría.

Además, en otras publicaciones del UIT-T se presenta información sobre la teoría de los mecanismos perturbadores, las definiciones de los parámetros de asimetría y algunos principios de medición [1] y [2].

## **2 Alcance**

Esta Recomendación abarca el dominio de la banda de bajas frecuencias que va desde la frecuencia fundamental (16 2/3 Hz, 50 Hz, 60 Hz) y sus componentes armónicas, generadas por los sistemas de suministro de energía y de tracción eléctrica, hasta frecuencias más elevadas (unas cuantas decenas de kHz) generadas por cualesquiera otros equipos eléctricos industriales o domésticos.

En esta gama de frecuencias, y considerando una situación normal (asimetría muy baja), los efectos de emisión debidos a la asimetría son despreciables. Por consiguiente, en esta Recomendación se considerará únicamente el aspecto recepción de la asimetría así como la conversión del proceso de modo común al proceso de modo diferencial.

Al considerar la banda de bajas frecuencias, el equipo típico estudiado será el equipo de terminación conectado en los extremos de las líneas, tal como las interfaces situadas en la central y en el terminal de abonado, incluyendo el cableado en el interior de los edificios. Los cables no se tendrán en cuenta debido al hecho de que presentan una simetría mucho mayor que la que normalmente se encuentra en los equipos. Además, en la presente Recomendación no se tratan los equipos RDSI.

Los métodos de medición presentados en esta Recomendación se refieren al ámbito de las pruebas en laboratorio y a algunos aspectos de las actividades de mantenimiento.

## **3 Textos de referencia**

Las siguientes Recomendaciones y otras referencias contienen disposiciones que, mediante su referencia en este texto, constituyen disposiciones de la presente Recomendación. Al efectuar esta publicación, estaban en vigor las ediciones indicadas. Todas las Recomendaciones y otras referencias son objeto de revisiones por lo que se preconiza que los usuarios de esta Recomendación investiguen la posibilidad de aplicar las ediciones más recientes de las Recomendaciones y otras referencias citadas a continuación. Se publica periódicamente una lista de las Recomendaciones UIT-T actualmente vigentes.

- [1] Directrices del UIT-T, Volúmenes II, III, VI y IX.
- [2] Recomendación O.9 del CCITT (1988), *Configuraciones de medida para evaluar el grado de asimetría con respecto a tierra.*
- [3] Recomendación UIT-T G.117 (1996), *Aspectos de la asimetría con respecto a tierra que influyen en la transmisión.*

- [4] Recomendación UIT-T G.712 (1996), *Características de transmisión de los canales de modulación por impulsos codificados*.
- [5] Recomendación UIT-T Q.552 (1996), *Características de transmisión en las interfaces analógicas a dos hilos de una central digital*.

## 4 Definiciones

### 4.1 Representación del circuito de referencia

En la Figura 1 se da una representación general de un circuito de telecomunicaciones; se muestran los diferentes trayectos de transmisión que intervienen en el mecanismo de generación de ruido.

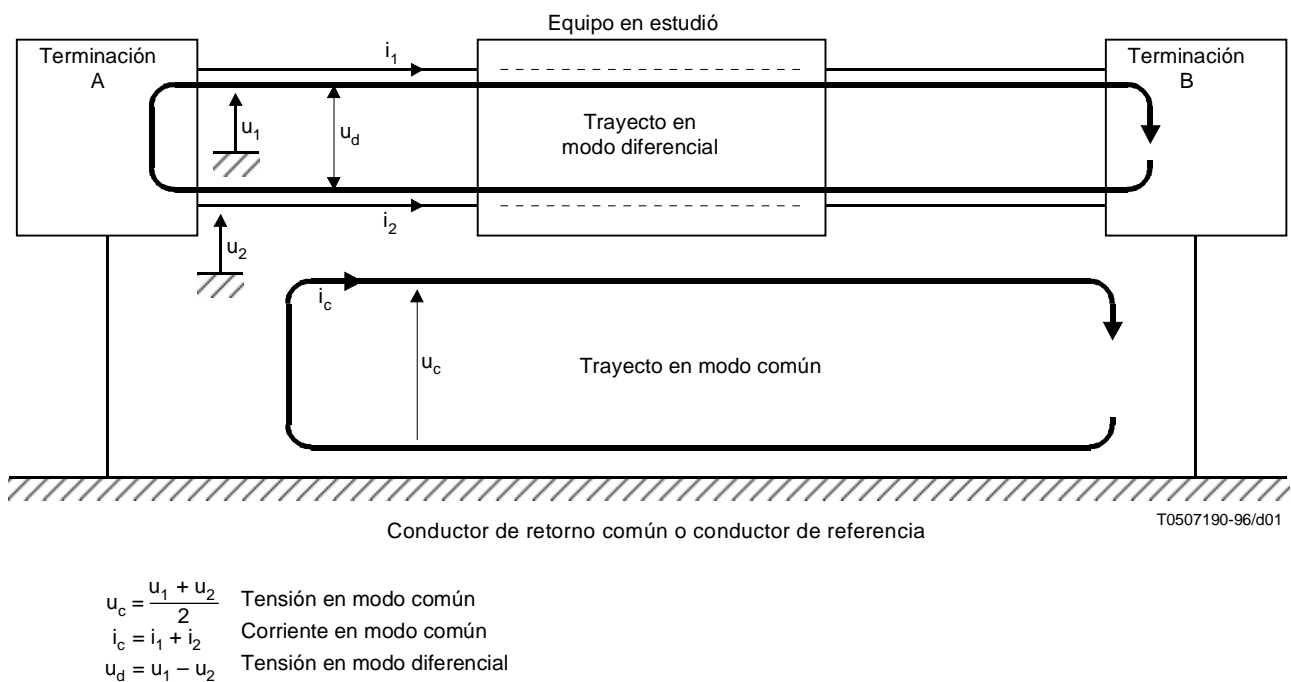


Figura 1/K.10 – Representación general de un sistema perturbado

**4.2 trayecto longitudinal:** Este término se aplica a cualquier bucle con retorno por tierra de referencia. Por definición, un circuito así es totalmente asimétrico.

**4.3 trayecto en modo común:** El trayecto en modo común indicado en la Figura 1 está constituido por los dos hilos de un par simétrico con un conductor de referencia. En el caso de una línea de cable con cubierta metálica, el análisis del problema de la interferencia debe distinguir generalmente entre dos circuitos:

- 1) El bucle longitudinal externo (véase 4.2) formado por la cubierta y el retorno externo (tierra).
- 2) El bucle en modo común interno formado por un par con sus terminaciones y el retorno en modo común (cubierta).

**4.4 interferencia en modo común:** Es la interferencia que aparece entre los dos conductores de un par y un plano de referencia común (tierra). Hace que aparezca el mismo potencial en ambos conductores con relación a la referencia común.



#### 4.5 tensión y corriente en modo común:

**tensión:** Media de las tensiones fasoriales que aparecen entre cada conductor y una referencia especificada, por lo general tierra o puntos de referencia locales de tensión cero (véase la Figura 1).

**corriente:** Suma de las corrientes fasoriales que circulan en cualesquiera dos conductores activos o en un conjunto especificado de los mismos (véase la Figura 1).

**4.6 parámetros en modo común:** La impedancia en serie de un par con referencia al conductor de retorno y la admitancia de derivación de un par al conductor de referencia (interno o externo).

**4.7 fuerza electromotriz longitudinal (emf,  $E_{L1}$ ):** Fuente o suma de fasoriales de fuentes que actúan en un bucle compuesto de uno o más conductores y un trayecto de retorno, por lo general tierra o puntos de referencia locales de tensión cero.

#### 4.8 tensión y corriente en modo diferencial:

**tensión:** Tensión entre dos conductores cualesquiera de un conjunto especificado, generalmente un par simétrico.

**corriente:** Corriente que circula por dos conductores cualesquiera o en un conjunto especificado, generalmente un par simétrico.

**4.9 conversión del modo común al modo diferencial:** Proceso por el cual la interferencia en modo común aplicada a un circuito asimétrico produce una señal en modo diferencial (ruido).

**4.10 asimetría con relación al conductor de referencia:** La asimetría con relación al conductor de referencia (tierra o cualquier otro conductor de referencia) es la diferencia entre los parámetros en modo común de los diferentes trayectos del bucle de transmisión. La asimetría puede estar caracterizada por una diferencia entre impedancias en serie o admitancias en derivación.

Generalmente el término simetría se utiliza como un factor de calidad de la instalación con relación a los efectos indeseados de la conversión.

**4.11 atenuación de conversión longitudinal (LCL, *longitudinal conversion loss*):** Se define en la Recomendación O.9 como la relación expresada en decibelios entre el valor de la fuerza electromotriz inducida en el trayecto longitudinal y el valor de la tensión en modo diferencial que aparece en el puerto de entrada del equipo sometido a prueba (véase la Figura 2).

$$LCL = 20 \cdot \text{Log}_{10} \left( \frac{E_{L1}}{Ud_1} \right) \text{ dB} \quad (\text{aplicable para una red de uno o dos puertos})$$

Cuando la medida se hace en condiciones reales, la atenuación de conversión longitudinal se denomina  $LCL_R$  (véase 5.3.2).

**4.12 atenuación de transferencia de conversión longitudinal (LCTL, *longitudinal conversion transfer loss*):** Se define en la Recomendación O.9 como la relación expresada en decibelios entre el valor de la fuerza electromotriz en el trayecto longitudinal y el valor de la tensión en modo diferencial aplicada en el puerto de salida del equipo sometido a prueba (véase la Figura 2).

$$LCTL = 20 \cdot \text{Log}_{10} \left( \frac{E_{L1}}{Ud_2} \right) \text{ dB} \quad (\text{aplicable únicamente a redes de dos puertos})$$

**4.13 equipo en prueba (EUT, *equipment under test*):** El equipo en prueba puede ser una interfaz de línea en una central (o centro de transmisión) o una parte de un equipo terminal o de transmisión.

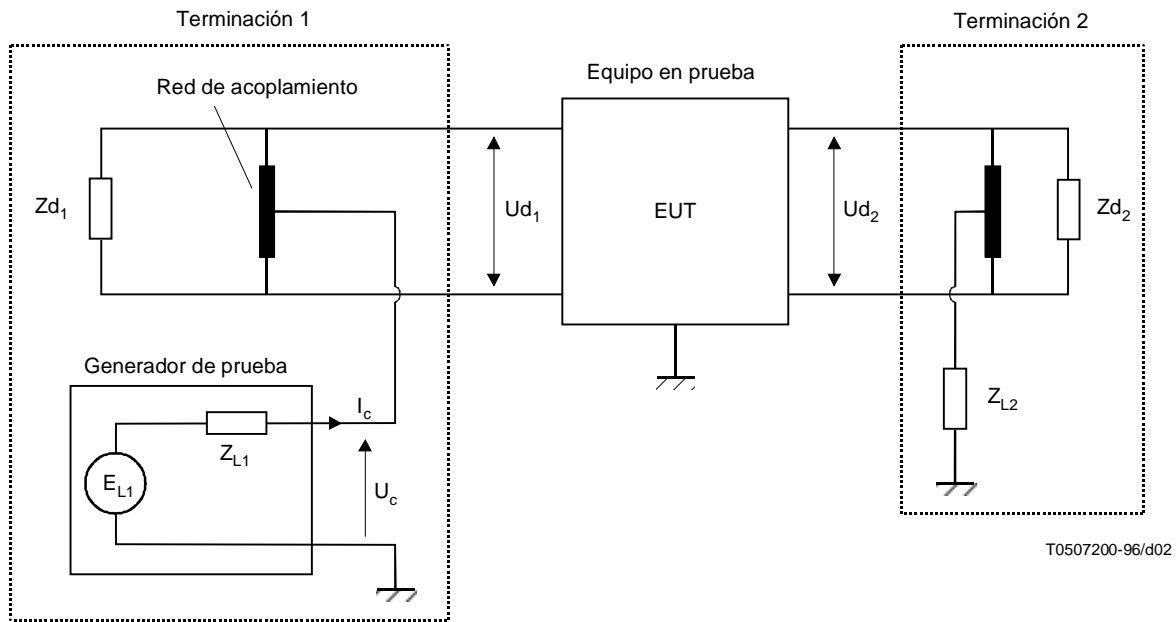
Más específicamente, el término «equipo» designará un circuito de interfaz conectado al extremo de un cable.

## 5 Prueba de asimetría

### 5.1 Disposición de la prueba

La prueba de los efectos de la asimetría de un equipo de dos puertos puede hacerse de conformidad con la Figura 2. En el caso de un equipo de un puerto, la terminación 2 se incluye en el interior del EUT.

La terminación 1 representa la fuente inducida con un generador en modo común apropiado y las impedancias de terminación para los modos común y diferencial, por ejemplo la línea inducida con su terminación distante.



T0507200-96/d02

- $Z_{d1}, Z_{d2}$  Impedancia en modo diferencial de las terminaciones
- $Z_{L1}$  Impedancia en modo común de la terminación 1 (fuente perturbadora)
- $Z_{L2}$  Impedancia en modo común de la terminación 2
- $E_{L1}$  Fem longitudinal perturbadora en la entrada del EUT
- $U_c$  Tensión en modo común aplicada en la entrada del EUT
- $I_c$  Corriente que circula en el circuito en modo común
- $U_{d1}, U_{d2}$  Tensiones en modo diferencial en el puerto de entrada y el puerto de salida del EUT respectivamente

**Figura 2/K.10 – Método general para probar los efectos de la asimetría de los equipos**

## 5.2 Condiciones de prueba

### 5.2.1 Parámetros

**Dispositivo de prueba:** No afectará de manera notable el equipo en prueba.

**Red de acoplamiento:** Puede realizarse mediante una bobina con derivación en el centro o mediante cualquier otro circuito equivalente que tenga la misma función. La simetría de dicho circuito debería ser mucho mayor que la del equipo. No deberá afectar de manera notable los valores de las impedancias en modo diferencial del circuito.

**$U_{d1}, U_{d2}$ :** Las señales en modo diferencial deberían medirse mediante un aparato que no afecte la simetría de la totalidad del circuito en prueba.

**Terminaciones:** Las terminaciones representarán las impedancias en modo común y modo diferencial lo más cerca posible de las impedancias reales conectadas en el extremo del equipo.

**$Z_{d1}, Z_{d2}$ :** Las impedancias en modo diferencial se identificarán generalmente como la impedancia característica correspondiente a la frecuencia de medición.

**$Z_{L1}$ :** La impedancia en modo común de la fuente inducida se determinará de conformidad con las especificaciones de la Recomendación O.9 (véase 5.3.1) o por medición en condiciones operacionales reales (véase el § 5.3.2). En 5.3.2 se incluye una comparación de los dos métodos.

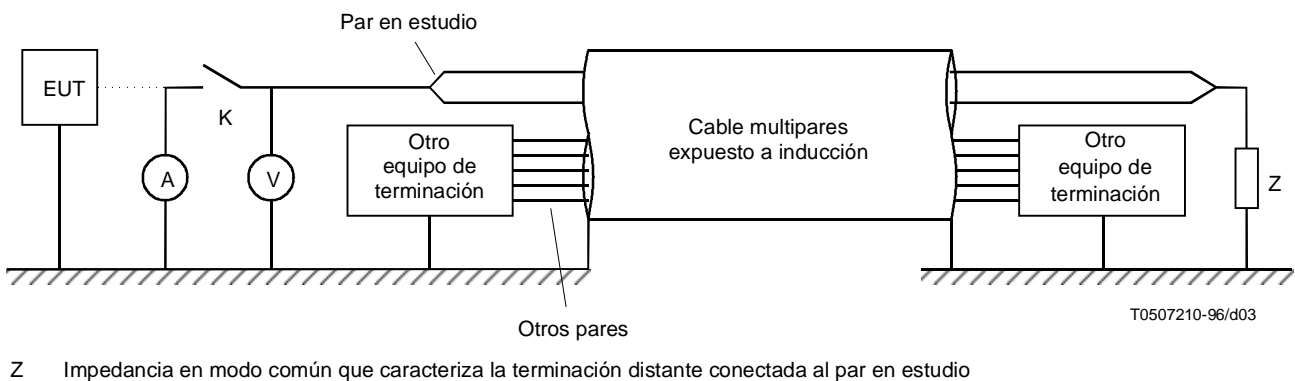
$Z_{L2}$ : La impedancia en modo común que caracteriza la terminación 2 se determinará por cálculo o por medición.

$E_{L1}$ : La fuerza electromotriz longitudinal proporcionada por la fuente inducida se calculará de conformidad con los principios indicados en 5.2.2.

### 5.2.2 Identificación de parámetros para medición en condiciones operacionales reales

Los parámetros  $E_{L1}$  y  $Z_{L1}$ , que caracterizan el generador que perturba, pueden calcularse teóricamente, pero es una tarea compleja debido al gran número y a la gran variabilidad de los parámetros que intervienen en el proceso relacionado con los efectos del ruido.

Un método más práctico consiste en medir estos parámetros en el terreno con entornos perturbadores reales. El número de medidas debe ser lo suficientemente grande para que pueda hacerse un tratamiento estadístico con el fin de obtener valores representativos del entorno. Para lograrlo, los parámetros en modo común  $E_{L1}$  y  $Z_{L1}$  se medirán de conformidad con el principio de Thévenin y en una configuración de comunicación real. En la Figura 3 se da un ejemplo de la medición de los parámetros de Thévenin.



Z Impedancia en modo común que caracteriza la terminación distante conectada al par en estudio

Figura 3/K.10 – Caracterización del generador de perturbación equivalente

## 5.3 Mediciones

### 5.3.1 Medición de LCL con un puente de prueba (Recomendación O.9)

En caso de medición con un puente de prueba, tal como se especifica en la Recomendación O.9, la impedancia en modo común  $Z_{L1}$  es igual a la cuarta parte de la impedancia en modo diferencial de la terminación (típicamente  $Z_{L1} = 150 \Omega$ ).

El valor LCL indica la conversión a la tensión en modo diferencial únicamente para la condición en que la fuente perturbadora tiene una impedancia en modo común baja (por ejemplo, un cable largo o un cable cuyo extremo distante se termina en una impedancia en modo común baja).

### 5.3.2 Medición de LCLR en condiciones reales

Al efectuar las mediciones en condiciones reales, la impedancia en modo común del generador de prueba será la impedancia en modo común real de la línea con su terminación distante (véase 5.2.2).

Debido a la diferencia entre las impedancias de las fuentes reales y la especificada en la Recomendación O.9, los valores  $LCL_R$  y  $LCL$  serán generalmente diferentes.

La siguiente fórmula simplificada (5-1) permitirá efectuar la conversión entre los dos métodos:

$$LCL_R = LCL + 20 \cdot \text{Log} \left( \frac{Z_{cm_L} + Z_{cm_{eqt}}}{Z_{L1} + Z_{cm_{eqt}}} \right) \quad (5-1)$$

- LCL<sub>R</sub> Atenuación de conversión longitudinal medida en condiciones reales (Figura 3)
- LCL Atenuación de conversión longitudinal medida bajo las especificaciones de O.9
- Z<sub>cm<sub>L</sub></sub> Impedancia en modo común de una fuente perturbadora real (Figura 3)
- Z<sub>cm<sub>eqt</sub></sub> Impedancia en modo común del equipo en prueba
- Z<sub>L1</sub> Impedancia en modo común especificada en la Recomendación O.9

Desde un punto de vista práctico, al medir en el extremo de un cable que tiene una terminación distante sin tierra (por ejemplo, un punto de medición en la central de interfaz y una terminación distante tal como un terminal de abonado), la impedancia en modo común Z<sub>cm<sub>L</sub></sub> será significativamente mayor que la impedancia en modo común Z<sub>L1</sub> del puente de medida de la Recomendación O.9. En ese caso, la expresión (5-1) permite ver que el valor LCL obtenido en condiciones reales será mucho mayor que el valor LCL obtenido con un puente de medida.

## 6 Valores admisibles

Para ofrecer una calidad mínima con relación a la simetría de un equipo de telecomunicación, se recomienda que los valores mínimos admisibles de atenuación de conversión longitudinal (LCL) medidos con las especificaciones de la Recomendación O.9 sean:

40 dB de 300 hasta 600 Hz

46 dB de 600 hasta 3400 Hz

Al realizar las medidas en condiciones reales (véase 5.3.2), en la mayoría de los casos los valores mínimos superan en por lo menos unos 6 dB los valores recomendados anteriormente. Al evaluar situaciones de interferencia reales, pueden utilizarse estos valores más altos.

Como regla, un valor LCL<sub>R</sub> mínimo garantiza la compatibilidad de un equipo, al mantener el nivel de ruido por debajo de un límite admisible máximo en un entorno dado caracterizado por un nivel E<sub>L1</sub>. Este principio puede expresarse de la manera siguiente (5-2).

$$LCL_{R\text{mín}} = 20 \cdot \text{Log} \left( \frac{E_{L1}}{u_{d\text{máx}}} \right) \text{dB} \quad (5-2)$$

De la expresión (5-2) puede verse que la limitación relativa al valor LCL<sub>R</sub> mínimo aumenta lógicamente con el nivel de interferencia en modo común. Es importante recalcar que el nivel de interferencia alcanza generalmente un máximo en los extremos no puestos a tierra y, en consecuencia, la limitación relativa a LCL<sub>R</sub> debería ser mayor en esos sitios. Esta es la razón por la que los valores mínimos de 40 a 46 dB especificados anteriormente serán límites aceptables para equipos tales como interfaces de línea en una central. Por otra parte, los valores mínimos deberían ser mucho mayores para la instalación del abonado o para cualquier configuración desfavorable comparable (véase I.2).

En conclusión, las soluciones de los problemas de compatibilidad requerirán siempre una elección técnica y económica entre la reducción del nivel de interferencia y/o la mejora del grado de calidad.

## 7 Protección contra los efectos de la asimetría de los equipos

La primerísima solución para la protección consiste en respetar los valores LCL mínimos de la cláusula 6.

Cuando el valor LCL es incompatible con el entorno, debido a un nivel demasiado alto de interferencia, convendrá adoptar una o varias de las soluciones siguientes:

- a) Disminuir el nivel de los efectos de inducción en el sistema perturbador.
- b) Reducir el nivel de interferencia inducida en la instalación de telecomunicación.

Puede utilizarse una o varias de las soluciones siguientes:

- Disminuir el acoplamiento, separando las secciones del cable expuestas.
- Utilizar cables blindados. La cubierta debe ser continua entre ambas terminaciones y, siempre que sea posible, debe extenderse al conductor de referencia (conductor de puesta a tierra o común) del equipo terminal. Cuando el entorno es muy perturbador, se recomienda utilizar cable con armadura de acero (blindaje ferromagnético).
- Utilizar transformadores de neutralización en el cable.

NOTA – Al utilizar un cable cuya cubierta tiene un efecto de reducción limitado, la puesta a tierra puede aumentar la magnitud del modo común entre los pares y la cubierta y, en consecuencia, aumentar el ruido debido a la asimetría. Este es el motivo por el cual el respeto de la continuidad de la cubierta es más importante que la puesta a tierra en la gama de bajas frecuencias.

Al utilizar un cable con un factor de apantallamiento (cuando la impedancia de transferencia es diferente de la resistencia en continua de la cubierta), la cubierta se pondrá a tierra.

- c) Reducir el nivel de interferencia en el puerto de entrada del equipo por filtrado del modo común.

## Apéndice I

### Mecanismos perturbadores

#### I.1 Origen de los efectos de ruido

Cuando las instalaciones de telecomunicaciones están situadas en un entorno electromagnético, pueden aparecer tensiones y corrientes inducidas entre los conductores activos y el conductor de referencia (tierra o cualquier otro conductor común). Esta interferencia, denominada interferencia en modo común, se propagará a través de la red a lo largo de las estructuras metálicas de cableado (pares, cubierta, conductor de tierra) y generará tensiones de ruido superpuestas sobre las señales útiles. Este efecto perturbador puede ser causado por uno o varios de los fenómenos siguientes:

- 1) Conversión del modo común en modo diferencial por causa de asimetría en las líneas, el terminal, el equipo de conmutación y cualesquiera otro equipo insertado en el trayecto longitudinal.
- 2) Saturación del circuito de alimentación, del filtro del codificador, etc.
- 3) Distorsión de cuantificación de la tensión en modo diferencial producida por la asimetría.
- 4) Intermodulación entre la tensión en modo diferencial que aparece a la frecuencia fundamental y la señal de banda vocal.

Con frecuencia, el efecto de asimetría tiene lugar en la primera etapa de todos estos procesos.

La asimetría concierne a las impedancias y las admitancias. Puede estar distribuida a lo largo de las líneas o concentrada en el puerto de entrada del equipo. La interferencia en modo común añadida a una situación de asimetría generará una fuente diferencial (generador de ruido), debido a un proceso denominado *conversión en modo común*. Las diferentes fuentes de ruido pueden representarse como sigue:

- a) Fuerza electromotriz en serie distribuida o discreta equivalente a la diferencia de la caída de tensión en las impedancias en serie asimétricas. Las señales de tales fuentes son proporcionales a la corriente en modo común y a los valores de asimetría (delta Z).
- b) Fuente de corriente de derivación distribuida o discreta equivalente a la diferencia de la corriente que circula en las admitancias en paralelo. Las señales de tales fuentes son proporcionales a la tensión en modo común y a los valores de asimetría de derivación (delta Y).

Entonces las fuentes de ruido generarán tensiones de ruido que se propagarán a través de la red de conformidad con la teoría clásica de la transmisión.

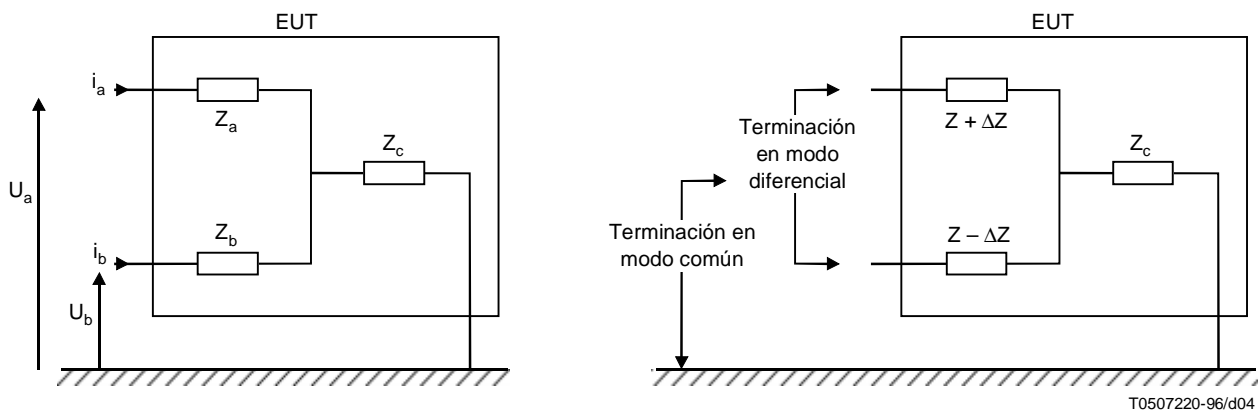
En el conjunto del proceso intervienen muchos parámetros, que pueden resumirse como sigue:

- la magnitud y la frecuencia de las cantidades en modo común inducidas en el punto de asimetría;
- el valor de la asimetría entre los parámetros con respecto al conductor de referencia (delta Z y delta Y);
- la función de transmisión entre el punto de conversión y el punto de medición.

Desde el punto de vista práctico, el análisis de la conversión de ruido en un cable es bastante difícil debido a la gran variabilidad de los parámetros citados y a su distribución aleatoria a lo largo del cable. Por otra parte, el análisis de la conversión de ruido a la entrada del equipo es mucho más fácil, ya que todos estos parámetros pueden caracterizarse de manera más simple. En la subcláusula I.2 se presenta un enfoque teórico simplificado que será útil para entender mejor los fenómenos de conversión a la entrada del equipo.

## I.2 Mecanismo de conversión a la entrada de un equipo

El circuito de entrada de un equipo de un puerto puede representarse mediante el circuito equivalente ilustrado en la Figura I.1.



- $Z_a, Z_b, Z_c$  Representación en Y (en estrella) del circuito de entrada
- $Z = \frac{Z_a + Z_b}{2}$  Valor medio de las impedancias asimétricas
- $\Delta Z = \frac{Z_a - Z_b}{2}$  Asimetría equivalente de las impedancias

**Figura I.1/K.10 – Circuito equivalente en Y (en estrella) de un equipo con asimetría con respecto al conductor común**

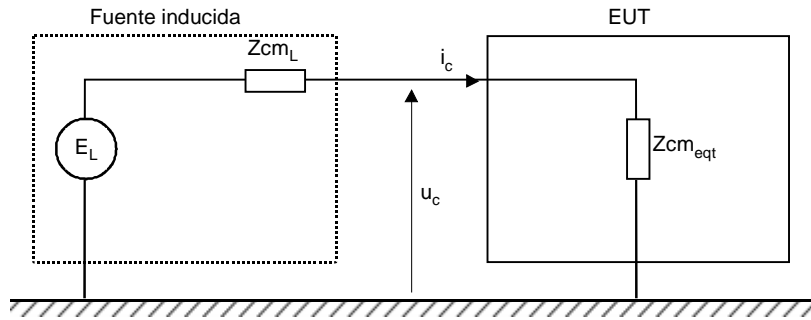
Un método de cálculo simplificado consiste en estudiar en dos etapas el circuito en modo común y el circuito en modo diferencial.

Si se considera un equipo conectado a una línea expuesta a inducción, el circuito en modo común se representará globalmente como se ilustra en la Figura I.2.

De la Figura I.2 pueden deducirse las siguientes expresiones para las cantidades en modo común:

$$u_c = \frac{Z_{cm_{eqt}}}{Z_{cm_{eqt}} + Z_{cm_L}} \cdot E_L \quad \text{tensión en modo común} \quad (I-1)$$

$$i_c = \frac{E_L}{Z_{cm_{eqt}} + Z_{cm_L}} \quad \text{corriente en modo común} \quad (I-2)$$



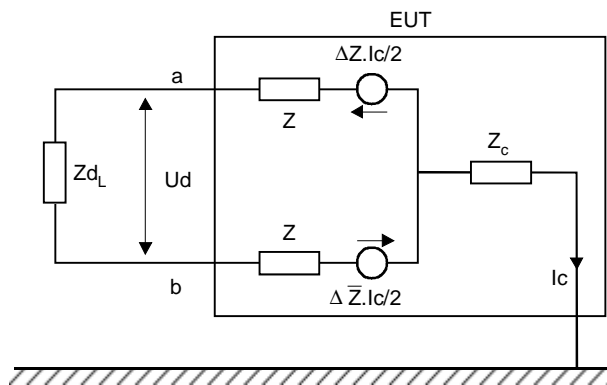
T0507230-96/d05

$E_L$	Fuerza electromotriz en modo común equivalente
$Z_{cmL}$	Impedancia en modo común de la fuente perturbadora
$Z_{cm_{eqt}} = \frac{Z}{2} + Z_c$	Impedancia en modo común del equipo
$u_c = \frac{u_a + u_b}{2}$	Tensión en modo común
$i_c = i_a + i_b$	Corriente en modo común

**Figura I.2/K.10 – Modelo del circuito en modo común**

En estas expresiones es importante observar que  $E_L$  y  $Z_L$  son parámetros equivalentes que caracterizan a un generador de perturbación real. Estos parámetros pueden estimarse mediante cálculos teóricos (método multiconductores [1]) o aplicando el principio de Thévenin en el extremo de la línea inducida.

La diferencia de la caída de tensión producida por la corriente que circula a través de las impedancias en serie de entrada puede modelarse mediante una fuerza electromotriz de ruido en serie insertada en el circuito en modo diferencial. Este fenómeno, denominado conversión del modo común al modo diferencial, se ilustra en la Figura I.3.



T0507240-96/d06

$Z_{dL}$  Impedancia en modo diferencial medida en el extremo de la línea conectada al EUT

**Figura I.3/K.10 – Modelo del circuito en modo diferencial**

Basándose en el circuito de la Figura I.3, la tensión de ruido en el puerto de entrada del equipo puede expresarse mediante:

$$U_d = \frac{Zd_L \cdot \Delta Z}{Zd_L + 2 \cdot Z} \cdot ic = \frac{Zd_L \cdot \Delta Z}{Zd_L + 2 \cdot Z} \cdot \frac{uc}{Zcm_{eqt}} = \frac{Zd_L \cdot \Delta Z}{(Zd_L + Zd_{eqt})} \cdot \frac{E_L}{(Zcm_L + Zcm_{eqt})} \quad (I-3)$$

con:  $Zd_{eqt} = 2 \cdot Z$

De la expresión (I-3) se deduce la expresión de la atenuación de conversión longitudinal en condiciones reales (LCL<sub>R</sub>):

$$LCL_R = 20 \cdot \text{Log} \left( \frac{E_L}{U_d} \right) = 20 \cdot \text{Log} \left( \frac{(Zd_L + Zd_{eqt})}{Zd_L} \cdot \frac{(Zcm_L + Zcm_{eqt})}{\Delta Z} \right) \quad (I-4)$$

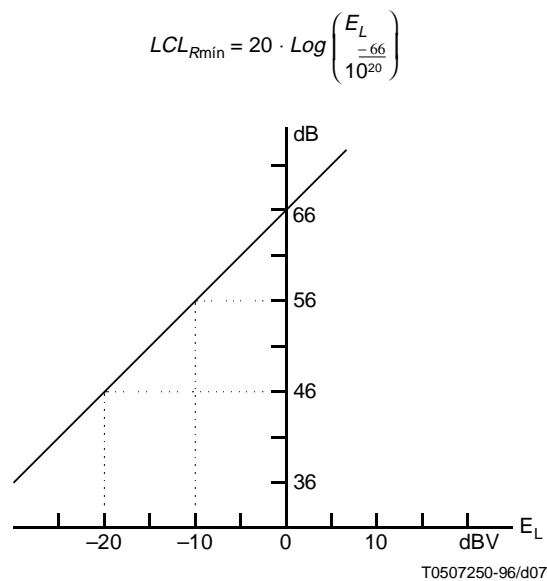
Cuando las impedancias en modo diferencial del equipo y las líneas son iguales, la expresión (I-4) puede escribirse:

$$LCL_R = 20 \cdot \text{Log} \left( 2 \cdot \frac{(Zcm_L + Zcm_{eqt})}{\Delta Z} \right) \text{ dB} \quad (I-5)$$

Basándose en las expresiones (I-4) y (I-5), es importante recalcar los puntos siguientes:

- LCL<sub>R</sub> depende no solamente de los parámetros intrínsecos del equipo, sino también de las impedancias de la totalidad del bucle en modo común. En particular, el valor de LCL<sub>R</sub> aumenta con la impedancia en modo común, tanto del equipo como del generador de perturbación.

La Figura I.4 ilustra un caso concreto en el que se indica el valor LCL<sub>R</sub> mínimo requerido en función del nivel de perturbación.



**Figura I.4/K.10 – Valor LCL<sub>R</sub> mínimo admisible en función del nivel de interferencia parámetro Ud = 0,5 mV (– 66 dBV)**



La experiencia indica que los valores mínimos especificados en la Recomendación Q.552 son generalmente aceptables para interfaces de línea en la central, ya que en este lugar los parámetros del generador de perturbación son favorables (el valor  $E_{L1}$  es muy reducido por efecto de la puesta a tierra de baja impedancia de los otros pares, y el valor  $Z_{L1}$  es generalmente alto debido a la impedancia capacitiva de la línea).

En consecuencia, en cualquier análisis de un problema de asimetría deberían tenerse en cuenta la situación real y los parámetros eléctricos del circuito en su conjunto.

Basándose en la Figura I.4 puede observarse que, cuando el nivel de perturbación alcanza aproximadamente 1 voltio, el valor  $LCL_R$  mínimo alcanza un valor que puede ser difícil de lograr en la práctica, según la tecnología utilizada. En tal caso, puede resultar más adecuado resolver los problemas de compatibilidad insertando un dispositivo de protección a la entrada del equipo, para filtrar la señal en modo común (véase la cláusula 7).



## SERIES DE RECOMENDACIONES DEL UIT-T

- Serie A Organización del trabajo del UIT-T
- Serie B Medios de expresión: definiciones, símbolos, clasificación
- Serie C Estadísticas generales de telecomunicaciones
- Serie D Principios generales de tarificación
- Serie E Explotación general de la red, servicio telefónico, explotación del servicio y factores humanos
- Serie F Servicios de telecomunicación no telefónicos
- Serie G Sistemas y medios de transmisión, sistemas y redes digitales
- Serie H Sistemas audiovisuales y multimedios
- Serie I Red digital de servicios integrados
- Serie J Transmisiones de señales radiofónicas, de televisión y de otras señales multimedios
- Serie K Protección contra las interferencias**
- Serie L Construcción, instalación y protección de los cables y otros elementos de planta exterior
- Serie M Mantenimiento: sistemas de transmisión, circuitos telefónicos, telegrafía, facsímil y circuitos arrendados internacionales
- Serie N Mantenimiento: circuitos internacionales para transmisiones radiofónicas y de televisión
- Serie O Especificaciones de los aparatos de medida
- Serie P Calidad de transmisión telefónica, instalaciones telefónicas y redes locales
- Serie Q Conmutación y señalización
- Serie R Transmisión telegráfica
- Serie S Equipos terminales para servicios de telegrafía
- Serie T Terminales para servicios de telemática
- Serie U Conmutación telegráfica
- Serie V Comunicación de datos por la red telefónica
- Serie X Redes de datos y comunicación entre sistemas abiertos
- Serie Z Lenguajes de programación