

RECOMENDACIÓN UIT-R F.557-4

OBJETIVO DE DISPONIBILIDAD EN SISTEMAS DE RELEVADORES RADIOELÉCTRICOS PARA UN CIRCUITO FICTICIO DE REFERENCIA Y UN TRAYECTO DIGITAL FICTICIO DE REFERENCIA

(Cuestión UIT-R 102/9)

(1978-1986-1990-1991-1997)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que el circuito ficticio de referencia y el trayecto digital ficticio de referencia están destinados a servir de guía a los proyectistas y planificadores;
- b) que la disponibilidad de un sistema de relevadores radioeléctricos es función de numerosos factores, en particular, la organización del mantenimiento (que condiciona el tiempo de restablecimiento del servicio), la fiabilidad del equipo, la concepción del sistema y las condiciones de propagación; la importancia relativa de estos diversos factores puede variar considerablemente, a veces sin posibilidad de control, de una zona a otra;
- c) que conviene aplicar objetivos comunes de disponibilidad a los sistemas por cable y de relevadores radioeléctricos,

recomienda

- 1** que el objetivo de disponibilidad adecuado para un circuito ficticio de referencia de 2 500 km aplicable a sistemas de relevadores radioeléctricos con multiplaje por distribución de frecuencia (Recomendación UIT-R F.392) y para un trayecto digital ficticio de referencia de 2 500 km aplicable a sistemas de relevadores radioeléctricos digitales (Recomendación UIT-R F.556) sea del 99,7% del tiempo, considerándose este porcentaje para que resulte estadísticamente válido sobre un periodo de tiempo suficientemente largo, probablemente superior a un año; el periodo de tiempo se halla en estudio (véanse las Notas 2, 3 y 4);
 - 2** que se considere el siguiente concepto de indisponibilidad para un circuito ficticio de referencia analógico: al menos en un sentido de transmisión, se cumple una de las condiciones siguientes, o ambas, durante 10 s consecutivos por lo menos (véase la Nota 9):
 - 2.1** el nivel de las frecuencias de la banda de base está 10 dB, o más, por debajo del nivel de referencia;
 - 2.2** en cualquier canal telefónico, la potencia de ruido no ponderada con un tiempo de integración de 5 ms, es superior a 10^6 pW0 (véase la Nota 10);
 - 3** que el concepto de indisponibilidad para un trayecto digital ficticio de referencia sea el siguiente:
 - 3.1** el periodo de indisponibilidad comienza con el inicio de diez acontecimientos consecutivos de segundos con muchos errores, en al menos un sentido de transmisión (véanse las Notas 1 y 9). Estos 10 s se consideran tiempo indisponible. Para la definición de segundo con muchos errores, véanse las Recomendaciones UIT-T G.821 y UIT-T G.826 conexas;
 - 3.2** un nuevo periodo de disponibilidad comienza con el inicio de diez acontecimientos consecutivos que no tienen segundo con muchos errores en ambos sentidos de transmisión. Estos 10 s se consideran tiempo disponible. Para la definición de segundo con muchos errores, véanse las Recomendaciones UIT-T G.821 y UIT-T G.826 conexas;
 - 4** que al estimar la indisponibilidad, deben incluirse todas las causas estadísticamente predecibles e inintencionadas, y que tengan su origen en el equipo radioeléctrico*, fuentes de alimentación, propagación, interferencia, equipo auxiliar y actividades humanas. La estimación de la indisponibilidad incluye la consideración del tiempo medio de restablecimiento del servicio (véanse las Notas 6 y 7).
- * Incluye todo el equipo comprendido entre los puntos R y R' definidos en la Recomendación 380 (Volumen IX, Parte 1, (Düsseldorf, 1990)) para los sistemas analógicos, y todo el equipo comprendido en una sección radioeléctrica digital para los sistemas digitales;
- 5** que el Anexo 1 se utilice como orientación sobre la disponibilidad y fiabilidad de los sistemas de relevadores radioeléctricos;

6 que se consideren parte de la Recomendación las siguientes Notas:

NOTA 1 – La disponibilidad total A queda definida por la siguiente fórmula:

$$A = 100 [1 - \{(T_1 + T_2 - T_b)/T_e\}]$$

donde:

A : porcentaje de disponibilidad

T_1 : tiempo de indisponibilidad total para una dirección de transmisión

T_2 : tiempo de indisponibilidad total para la otra dirección de transmisión

T_b : tiempo de indisponibilidad bidireccional

T_e : periodo de tiempo para la evaluación.

Para la transmisión unidireccional $T_2 = 0$; $T_b = 0$.

NOTA 2 – Este valor del 99,7% es provisional, y se reconoce, en la práctica, que los objetivos elegidos pueden caer dentro de la gama 99,5% a 99,9%. La selección de un valor específico de esta gama depende de la asignación óptima del tiempo de interrupción entre las distintas causas, que puede no ser la misma al tenerse en cuenta las condiciones locales (a saber, propagación, factores geográficos, distribución de la población, organización del mantenimiento).

Además, la disponibilidad de los sistemas de relevadores radioeléctricos es sólo uno de los muchos aspectos que aseguran una calidad aceptable de servicio al tráfico telefónico; la selección de un valor óptimo para este aspecto particular sólo puede realizarse considerando todos los sistemas de transmisión, ya existentes o previstos en la red sometida a estudio.

Por todas estas razones las administraciones, a efectos de planificación, pueden escoger, dentro del margen indicado, otros valores como objetivo de disponibilidad.

NOTA 3 – En lo anterior, se ha excluido la disponibilidad de los equipos de multiplaje por distribución de frecuencia. Se espera que el UIT-T establezca objetivos de disponibilidad para estos equipos.

NOTA 4 – La presente Recomendación se refiere al circuito ficticio de referencia y al trayecto digital ficticio de referencia. Tiene por finalidad fijar un factor de disponibilidad como objetivo de planificación para los nuevos sistemas de relevadores radioeléctricos.

No está destinada a ser citada en las especificaciones de los sistemas reales, o a servir para pruebas de aceptación o acuerdos de explotación. Deben elaborarse recomendaciones referentes a la disponibilidad en el caso de circuitos reales.

Dado que los datos medidos de cifras de disponibilidad en circuitos reales muestran una amplia distribución, sólo puede calcularse una cifra fiable de disponibilidad real como promedio de un gran volumen de datos recogidos de numerosas rutas de radioenlaces durante un periodo de tiempo suficientemente largo.

NOTA 5 – En la Recomendación UIT-R F.695 se indica la subdivisión del objetivo de disponibilidad de la parte de grado alto de los circuitos que deben establecerse en enlaces reales. Los objetivos de disponibilidad de los enlaces reales en las partes de grado medio y local de una conexión de la red digital de servicios integrados se hallan en estudio.

NOTA 6 – Los planificadores deberán indicar sus supuestos en cuanto al tiempo medio entre averías (MTBF), el tiempo medio de restablecimiento (MTTR) del servicio, las precauciones adoptadas contra las interrupciones y el desvanecimiento (en particular, el empleo de canales de protección y el número de tramos por sección de conmutación) y la distribución de los desvanecimientos de duración superior a 10 s.

NOTA 7 – El tiempo de restablecimiento del servicio, es decir, el tiempo que transcurre entre una interrupción del tráfico y su reanudación por el trayecto original, incluye los tiempos de identificación, desplazamiento y reparación. Se producirán diferencias en el tiempo de restablecimiento entre distintas administraciones a causa de varios factores, como la facilidad de acceso al emplazamiento, condiciones meteorológicas, política de aplicación de las normas de mantenimiento y otros factores de carácter económico.

NOTA 8 – En esta Recomendación no se tienen en cuenta las mejoras que pueden obtenerse mediante el reencaminamiento del tráfico por otros sistemas, por ejemplo, cables y otros sistemas de relevadores radioeléctricos.

NOTA 9 – Para las interrupciones de duración inferior a 10 s, se requiere estudios complementarios que tengan también en cuenta las interrupciones intermitentes.

NOTA 10 – En la Recomendación UIT-R F.393 se tienen en cuenta los periodos de duración inferior a 10 s, durante los cuales la potencia de ruido en un canal telefónico de un sistema con multiplaje por distribución de frecuencia es superior a 10^6 pW0.

NOTA 11 – Los periodos de duración inferiores a 10 s, durante los cuales la proporción de errores es superior a 1×10^{-3} se tienen en cuenta en la Recomendación UIT-R F.594.

ANEXO 1

Disponibilidad y fiabilidad de los sistemas de relevadores radioeléctricos**1 Introducción**

El presente Anexo proporciona orientaciones útiles para la interpretación de esta Recomendación. No obstante, cabe destacar que las cifras y parámetros se citan únicamente a título de ejemplo.

Los términos de fiabilidad y disponibilidad, utilizados en el presente Anexo, responden a las definiciones aprobadas por el UIT-R y la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI).

2 Causas de indisponibilidad

El concepto de indisponibilidad de los sistemas de relevadores radioeléctricos tanto analógicos como digitales se expone en los *recomienda* 2 y 3, respectivamente. Los planificadores del sistema deben tener en cuenta todas las causas de interrupción o degradación de la calidad que afectan la indisponibilidad del sistema.

A continuación se describen las características de las principales causas de indisponibilidad en los sistemas de relevadores radioeléctricos.

2.1 Equipo

- Avería o degradación del equipo radioeléctrico, incluidos los moduladores y demoduladores,
- avería de equipos auxiliares tales como los equipos de conmutación,
- avería del equipo de suministro de energía del sistema radioeléctrico,
- avería de la antena o del alimentador.

Los sistemas de relevadores radioeléctricos más recientes están concebidos de modo que proporcionen una gran fiabilidad, y su MTBF es sumamente prolongado. La indisponibilidad depende asimismo del MTTR, según se indica en la Nota 6.

En una sección de conmutación característica, la indisponibilidad debida a averías del equipo puede ser del orden del 0,01% (véase la Recomendación UIT-R F.695). Ese porcentaje corresponde a un equipo normal con un MTBF de 10^4 h y un MTTR de varias horas. No obstante, un circuito ficticio de referencia o un trayecto digital ficticio de referencia constan de un gran número de secciones de conmutación. Naturalmente, la probabilidad de que se produzca una avería en cada sección de conmutación es escasa, y tal vez sólo ocurra una vez cada muchos años. Así pues, es razonable fijar un periodo de integración prolongado para medir la indisponibilidad, por ejemplo, un año.

2.2 Propagación

Con frecuencia las interrupciones del sistema debidas a intensos desvanecimientos por trayectos múltiples se recuperan antes de los 10 s, pero a veces duran más de 10 s y causan indisponibilidad.

Una excesiva atenuación debida a la lluvia intensa o a la nieve se prolonga durante un tiempo bastante largo y causa la indisponibilidad de los sistemas que funcionan en bandas de frecuencias superiores a 10 GHz. Pueden obtenerse estadísticas de predicción sobre los efectos de la propagación aplicando las fórmulas o métodos dados en las Recomendaciones UIT-R de la Serie P. Además, como por lo general la probabilidad de que tengan lugar fuertes precipitaciones es baja, el tiempo de indisponibilidad que producen varía de un año a otro. Para evaluar el tiempo de indisponibilidad pueden tenerse en cuenta las mismas consideraciones descritas en el § 2.1.

2.3 Otras causas

Las ráfagas de ruido imprevisibles debidas a la interferencia que procede fundamentalmente de fuentes exteriores al sistema interferido, pueden provocar la indisponibilidad cuando la potencia de ruido excede un determinado umbral. Este tipo de interrupción incluye la interferencia, procedente de sistemas espaciales o sistemas de radar, asociada a una propagación anómala.

Los desastres, tales como los terremotos, pueden provocar el derrumbamiento de torres o edificios y causar la indisponibilidad de los sistemas de relevadores radioeléctricos.

La intervención del hombre durante las actividades de mantenimiento puede causar asimismo indisponibilidad. Por lo general, la contribución de estos factores es difícil de predecir a través de análisis matemáticos; no obstante, deben tenerse en cuenta al diseñar sistemas de relevadores radioeléctricos.

3 Conmutación de protección

La conmutación de protección suele servir para mejorar la disponibilidad del sistema. En los sistemas de relevadores radioeléctricos por lo general se utiliza el llamado método de conmutación multilíneas. De conformidad con este método, se preparan 1 ó $P(P > 1)$ canales radioeléctricos de protección por cada canal de trabajo N . Cuando uno de los canales de trabajo N se interrumpe, la señal en el canal interrumpido será inmediatamente recuperada por uno de los canales de protección a lo largo de m tramos radioeléctricos. En tal caso, la indisponibilidad U de cada canal radioeléctrico bidireccional causada únicamente por averías de equipo, suponiendo que la tasa de averías de los equipos de conmutación sea insignificante, puede expresarse por la siguiente fórmula:

$$U = \frac{2}{N} \left[\binom{N+P}{P+1} \right] (mq)^{P+1} \quad (1)$$

donde:

m : número de tramos radioeléctricos contenidos en una sección de conmutación

q : probabilidad de una interrupción de cada uno de ellos (en lo que respecta a las averías de equipo, $q = \text{MTTR}/\text{MTBF}$)

$$\binom{N+P}{P+1} = \frac{(N+P)!}{(P+1)!(N-1)!}$$

En muchos casos, el número de canales de protección $P = 1$ y la fórmula (1) pueden escribirse de la manera siguiente:

$$U = \frac{2}{N} \left[\binom{N+1}{2} \right] (mq)^2$$

La conmutación de protección es eficaz no sólo para las averías de equipo sino también para el desvanecimiento por trayectos múltiples mediante el efecto de diversidad de frecuencias. En la Recomendación UIT-R F.752 se proporciona información sobre diversidad de frecuencias.

