

RECOMENDACIÓN UIT-R F.753*

**MÉTODOS Y CARACTERÍSTICAS PREFERIBLES PARA LA SUPERVISIÓN
Y PROTECCIÓN DE SISTEMAS DE RELEVADORES
RADIOELÉCTRICOS DIGITALES**

(1992)

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

considerando

- a) que es necesario supervisar los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales;
- b) que se están estudiando disposiciones de conmutación a equipo de reserva para aumentar la disponibilidad de los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales y facilitar su mantenimiento;
- c) que las técnicas de supervisión y protección pueden rebasar las fronteras internacionales;
- d) que los principios de supervisión de los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales deben tener en cuenta las consideraciones de mantenimiento globales de las redes digitales, indicadas en las Recomendaciones UIT-T M.20 y UIT-T M.30;
- e) que los métodos de supervisión y de protección empleados influyen en la calidad y la disponibilidad globales;
- f) que los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales que forman parte de una red basada en la jerarquía digital síncrona (SDH) deben tener en cuenta las Recomendaciones UIT-T G.784 y UIT-T G.773 y las Recomendaciones UIT-R F.750 y UIT-R F.751,

recomienda

1. que los métodos y características preferibles para la supervisión y protección de sistemas de relevadores radioeléctricos digitales cumplan lo estipulado en el anexo 1;
2. que siempre que sea posible, estos métodos y características reflejen los principios de diseño y mantenimiento recomendados por el UIT-T para la red digital.

ANEXO 1

1. Principios de supervisión preferibles

La introducción del equipo digital de telecomunicaciones con funciones mejoradas de operaciones de mantenimiento, incluida la facilidad de teleaviso y telemando, ofrece nuevas oportunidades para el control de supervisión centralizado. Se puede obtener toda una serie de ventajas, entre las cuales están las posibilidades de:

- mejorar la calidad del servicio;
- aumentar la disponibilidad de los sistemas de transmisión y conmutación;
- utilizar de una manera más eficaz los datos y las bases de datos;
- mejorar la eficacia del mantenimiento y reducir los costes de mantenimiento;
- permitir una plena integración con las facilidades de transmisión de fibra óptica.

* La Comisión de Estudio 9 de Radiocomunicaciones efectuó modificaciones de redacción en esta Recomendación en 2000 de conformidad con la Resolución UIT-R 44.

Nota 1 – Una administración que utiliza terminales distantes puede distribuir convenientemente su personal técnico entre puntos locales y un punto centralizado. Por estas razones, se recomienda que se considere el control de supervisión centralizado cuando se especifiquen los nuevos sistemas y equipos de telecomunicaciones.

Los principios generales para la planificación, la operación y el mantenimiento de una red de gestión de las telecomunicaciones (TMN), se indican en la Recomendación UIT-T M.30.

2. Principios de protección – Calidad y disponibilidad

Cuando la red se encuentra en condiciones normales de funcionamiento, se recopila, de manera continua o periódica, la información sobre la calidad de funcionamiento de los sistemas de relevadores radioeléctricos proporcionada por las entidades de mantenimiento. Estos datos pueden utilizarse para detectar condiciones agudas de avería como consecuencia de las cuales se generan avisos de alarma. Análisis ulteriores pueden revelar también pequeñas degradaciones como consecuencia de las cuales se producen notificaciones de información de mantenimiento.

Tras la aparición de un fallo en el sistema de relevadores radioeléctricos, se requiere cierto número de fases para corregir la avería y proteger, siempre que sea posible, el tráfico afectado por ésta, si ha habido interrupción.

Para más información sobre las filosofías de mantenimiento y sus definiciones, véase la Recomendación UIT-T M.20, y en particular la fig. 6 en la cual se enumeran las fases de mantenimiento que intervienen antes y después de producirse un fallo en una entidad de mantenimiento.

2.1 Medición de la calidad de funcionamiento

La elección de un mecanismo de medición depende de los requisitos de «calidad de servicio» desde el punto de vista de los abonados, de la calidad de funcionamiento de la red desde el punto de vista técnico y de la naturaleza del equipo. Para más información sobre la disponibilidad y la fiabilidad, véase también la Recomendación UIT-T G.106.

Es necesario que varios mecanismos puedan ser accionados en la misma unidad del equipo.

2.2 Detección de fallos

Los fallos deben ser descubiertos por la empresa de explotación, independientemente del abonado y preferiblemente antes de que éste lo haga, es decir, la mayoría de los fallos se detectan y corrigen sin que el abonado sea consciente de ellos.

Los fallos se clasifican según su naturaleza y se pueden clasificar en categorías en función de su gravedad. Sobre la base de esta clasificación se comunica a las entidades de control de supervisión apropiadas la correspondiente información de alarma de mantenimiento.

2.3 Protección del sistema

Cuando se ha producido un fallo o se ha degradado la calidad de funcionamiento, debe disponerse de una señal que contenga suficiente información para las funciones de conmutación, de protección y de mantenimiento.

Para los sistemas de transmisión de relevadores radioeléctricos en que se utiliza el restablecimiento manual o automático sobre una base de entidad de mantenimiento se recomienda un método de protección específico:

- a) Si se produce un fallo en entidades de mantenimiento sin capacidades de paso automático a equipo de reserva o dotadas de dichas capacidades pero sin equipo de reserva disponible, deben realizarse las operaciones siguientes:
 - Se iniciará una información de alarma de mantenimiento que identifique a la entidad de mantenimiento que contiene el equipo que ha fallado.
 - Se transmitirá una señal de indicación de alarma (SIA) hacia adelante y se dará una indicación de fallo atrás (IFA) hacia el equipo anterior.
 - Se iniciará una indicación de alarma de servicio en las entidades correspondientes.

- b) Si se produce un fallo en una entidad de mantenimiento con capacidades de paso automático a equipo de reserva, deberán realizarse automáticamente las operaciones siguientes:
- Se pasará al equipo de reserva.
 - Se iniciará la información de alarma de mantenimiento que indique la entidad de mantenimiento que contiene el equipo que ha fallado.

2.4 Información sobre fallos o calidad de funcionamiento

La información sobre fallos y calidad de funcionamiento inaceptable o degradada se transmitirá normalmente al centro de control de supervisión y a otras partes de la red, según proceda.

La información para uso del personal de supervisión o mantenimiento está disponible o bien en la entidad, cuando el procesamiento de defectos o de averías confirmadas es interno, o mediante una unidad que suministra el procesamiento cuando éste se realiza fuera de la unidad.

2.4.1 Categorías de información de alarma

Las siguientes informaciones de alarma pueden asociarse a la información de fallos o calidad de funcionamiento inaceptable o degradada (véase la Recomendación UIT-T M.20):

a) *Alarma de mantenimiento inmediato (AMI)*

La alarma de mantenimiento inmediato se genera a fin de que se inicien las actividades pertinentes (en general inmediatamente) para retirar del servicio un equipo defectuoso, con la finalidad de restablecer adecuadamente el servicio y reparar el equipo que ha fallado.

b) *Alarma de mantenimiento diferido (AMD)*

La alarma de mantenimiento diferido se genera cuando no es necesario intervenir inmediatamente, por ejemplo cuando la calidad de funcionamiento cae por debajo de la norma pero el efecto no justifica que se retiren elementos del servicio o, generalmente, si se ha utilizado el paso automático a equipo de reserva para restablecer el servicio.

c) *Información de evento de mantenimiento (IEM)*

Esta información tiene que generarse como consecuencia de eventos ante los que no es necesario intervenir inmediatamente, por no estar en peligro la calidad de funcionamiento global. Las acciones de mantenimiento pueden realizarse con arreglo al mantenimiento previsto o después de acumular indicaciones de información de eventos de mantenimiento.

La fig. 7 de la Recomendación UIT-T M.20 representa el proceso de información de alarma de una entidad de mantenimiento. Las AMI, AMD e IEM reales pueden generarse o no en la entidad de mantenimiento. Cuando se generan fuera de ella, el proceso de información de alarma puede combinar información procedente de otras fuentes (por ejemplo, otras entidades de mantenimiento, hora del día, carga de tráfico, etc.), con el resultado del proceso de supervisión de funcionamiento incorrecto para decidir si se deberá generar una AMI, una AMD o una IEM. Cuando se recibe una SIA o una IFA puede necesitarse que una entidad de mantenimiento genere una alarma de servicio (AS).

Tanto el proceso de supervisión de funcionamiento incorrecto como el de información de alarma, incluyendo el uso de AMI, AMD e IEM, pueden aplicarse a otros equipos que no sean de telecomunicación (por ejemplo, potencia, control de temperatura, etc.).

2.4.2 Otras indicaciones de avería y de servicio

Para evitar acciones de mantenimiento innecesarias y señalar la indisponibilidad del servicio, se emplean las siguientes indicaciones de avería descritas en la Recomendación UIT-T M.20:

- Señal de indicación de alarma (SIA).
- Alarma de servicio (AS).
- Indicación de fallo atrás (IFA).

2.4.3 Transmisión y presentación de información de alarma

La información de fallo en el interfaz de alarmas se utiliza para determinar la entidad de mantenimiento (o parte de una entidad de mantenimiento) que falla. La información se puede presentar localmente o a distancia por mediación de un sistema de captación de alarmas.

Las alarmas pueden presentarse:

- como una indicación en un interfaz de alarmas (por ejemplo, función de contacto, señal en continua),
- como un mensaje de alarma en el interfaz hombre-máquina.

2.4.4 Información de alarma hacia el extremo distante

El equipo que es fuente de señales digitales múltiples (es decir, de múltiples equipos) puede, en caso de condición de avería, transmitir información de alarma en uno o varios bits específicos de la trama de impulsos. Esta información está destinada a ser evaluada en el terminal distante (en el extremo del trayecto digital). Ejemplos: véanse el § 2.3.2 de la Recomendación UIT-T G.704, el § 4.2.4 de la Recomendación UIT-T G.733, y la Recomendación UIT-T G.784.

2.5 Localización de averías

Cuando la información inicial de fallo es insuficiente para la localización de la avería dentro de una entidad de mantenimiento que falle, se tiene que completar mediante información obtenida con rutinas adicionales de localización de averías. Las rutinas podrán emplear sistemas de prueba de entidades de mantenimiento internos o externos, iniciarse manual o automáticamente, y se aplicarán localmente y/o en el extremo distante.

2.6 Demora logística

La demora logística es el periodo de tiempo que transcurre entre la localización de una avería y la llegada del personal de mantenimiento al lugar, y dependerá del tipo de fallo y de la forma en que se haya señalado, por ejemplo, por medio de una AMI, AMD o IEM.

2.7 Corrección de averías

Para la corrección de una avería es preciso normalmente cambiar o reparar una entidad de mantenimiento, una entidad de supervisión de mantenimiento o parte de éstas. En el curso de una visita del personal de mantenimiento se pueden efectuar una o varias correcciones. Es conveniente que las estrategias que se establezcan para realizar las correcciones de averías cumplan los objetivos globales del sistema, con un número mínimo de visitas, aplicando el concepto de demora logística.

Los elementos intercambiables que fallen se enviarán a un centro de reparaciones especializado en el que se disponga de aparatos de pruebas apropiados (el propio sistema no debería actuar como máquina de pruebas).

2.8 Verificación

Una vez corregida la avería, deben efectuarse comprobaciones para cerciorarse de que la entidad de mantenimiento funciona correctamente. La verificación se puede efectuar localmente o a distancia.

2.9 Restablecimiento del sistema

La parte reparada de la entidad de mantenimiento o entidad de supervisión de mantenimiento se reincorpora al servicio. Se desbloquean las entidades de mantenimiento que se habían bloqueado y el cambio al equipo de reserva queda completado.

3. Métodos y características de protección

3.1 Consideraciones generales

El equipo de conmutación de protección está caracterizado principalmente por:

- el servicio que debe proporcionar (incremento de la disponibilidad o de la calidad de funcionamiento, tiempo de conmutación, etc.);
- el punto en el que tiene lugar la conmutación;
- el (los) criterio(s) de conmutación que debe(n) tenerse en cuenta son, por ejemplo: peticiones no prioritarias ($TEB \geq 10^{-6}$), prioritarias ($TEB \geq 10^{-3}$), anticipadas (actividad de corrección de errores), etc;
- el modo de transmisión de las instrucciones de conmutación.

3.2 Necesidad de una protección

La finalidad principal de la conmutación de protección es incrementar la disponibilidad del circuito mediante la conmutación a radiocanales de reserva cuando el equipo sufre un desperfecto o un fallo. El interés que reviste el hecho de contar con un cierto grado de protección, contra las interrupciones causadas por los desvanecimientos selectivos en frecuencia, puede traducirse en el empleo de conmutación de protección multicanal en los sistemas. Puede utilizarse también protección por diversidad de espacio para mejorar la calidad de funcionamiento del sistema mientras imperan mediocres condiciones de propagación.

La protección por diversidad de doble ruta facilita el empleo de tramos de mayor longitud en las bandas de frecuencias en que la atenuación debida a las precipitaciones es considerable.

3.3 Tipos de disposiciones de protección

Los sistemas de una sola ruta pueden protegerse de una de las tres formas siguientes:

- conmutación de uno o varios radiocanales con un radiocanal de reserva dedicado;
- conmutación de uno o varios radiocanales con un radiocanal de reserva no dedicado;
- utilización de la diversidad de espacio;
- polarización, ángulo y diagrama de funcionamiento en diversidad.

En teoría, la conmutación puede efectuarse en radiofrecuencia, frecuencia intermedia o banda de base, pero en la práctica se prefiere la conmutación en banda de base, pues permite proteger todo el radiocanal desde el acceso de entrada al de salida con redundancia mínima del equipo situado fuera del trayecto conmutado.

La protección mediante doble ruta entraña el empleo de conmutación en el receptor terminal. Puede ser necesario igualar la diferencia de tiempo de transmisión debido a las diferentes longitudes de cada ruta, a fin de poder sincronizar la señal en ambas rutas en el instante de la conmutación.

3.4 Factores que influyen en la elección de los criterios de conmutación

Los criterios de conmutación dependen de la función principal que debe realizar la conmutación de protección.

Si la conmutación tiene por objeto asegurar una protección contra las averías del equipo, puede admitirse que la identificación de los criterios de conmutación, la transmisión de las instrucciones de conmutación y la operación del conmutador sean relativamente lentas. Esto producirá pérdidas del sincronismo hacia adelante, y puede ser necesario adoptar disposiciones para reducir al mínimo el número de interrupciones del servicio por operaciones de conmutación.

Si se utiliza la conmutación para mejorar la calidad de funcionamiento durante los periodos de malas condiciones de propagación, se requiere una identificación rápida de los criterios de conmutación y es conveniente conmutar a un radiocanal de reserva sin pérdida del sincronismo. De ese modo se facilitan además las operaciones de mantenimiento preventivo. Cabe señalar, en efecto, que la adición o supresión de un bit debida, por ejemplo, a una conmutación sin una puesta en fase previa o a un impulso parásito en la temporización puede provocar una desincronización total de la cadena de transmisión hacia adelante y no puede considerarse como un error aislado. Este fenómeno, que entra en consideración en la calidad de los sistemas, debería ser objeto de nuevos estudios. Para ello se debe considerar lo siguiente:

- a) Sincronización de los impulsos de bit y trama entre:
 - todos los radiocanales, o
 - el radiocanal de reserva y el radiocanal de trabajo en el que se observa una proporción de bits erróneos BER superior al umbral de conmutación, dependiendo del tiempo necesario para establecer la sincronización de trama y del tiempo transcurrido entre el momento en que se experimenta la BER superior al umbral y la BER de pérdida de trama.
- b) La igualación estática de la diferencia en el tiempo de transmisión uniforme entre el radiocanal de reserva y todos los radiocanales de trabajo.
- c) La igualación dinámica de las fluctuaciones del tiempo de transmisión entre el radiocanal de reserva y el radiocanal o los radiocanales de trabajo o durante el desvanecimiento por trayectos múltiples.

4. Consideraciones sobre los canales de servicio

Las propuestas para proporcionar canales de servicio con el fin de transmitir las señales de «supervisión y control» (SC) son de tres clases:

- transmisión de las señales de supervisión y control insertándolas en la secuencia de impulsos de la señal principal, por ejemplo, bits de tara complementarios en la trama radioeléctrica;
- transmisión de la secuencia de impulsos separada de la señal principal. Esto entraña una modulación adicional de la portadora principal;
- medios de transmisión distintos del trayecto principal de las señales.

Para supervisar y controlar las estaciones repetidoras intermedias, la inserción y detección de la señal SC deben efectuarse en cada estación.

El segundo método puede resultar idóneo en algunos casos para la transmisión de señales SC de baja capacidad. En particular la modulación por desplazamiento de frecuencia (MDF) o la MF de la portadora principal son adecuadas para la transmisión de señales SC, porque estos métodos de modulación suelen presentar una disponibilidad de transmisión superior a la de la señal principal en condiciones de desvanecimiento. Sin embargo, el límite superior de la capacidad de transmisión depende del método de modulación de la señal principal y de la conformación del impulso de señalización SC (véase el apéndice 1).

Asimismo, para aplicar sistemas radioeléctricos en redes de la jerarquía digital síncrona habrá que tener en cuenta el siguiente método de transmisión de señales SC.

4.1 Transmisión de señales SC a las estaciones regeneradoras

En los sistemas de relevadores radioeléctricos digitales, las señales serie recibidas de los terminales de transmisión suelen dividirse generalmente en secuencias paralelas de baja velocidad binaria adecuadas para los sistemas de modulación, y se efectúa el tratamiento de la conversión lógica diferencial. Por consiguiente, para emplear los bits de tara en las estaciones regeneradoras, el equipo debe efectuar una conversión de velocidad y procesar la lógica diferencial.

Puede emplearse corrección de errores en recepción (FEC) para obtener una modulación multiestados de alta calidad. En los sistemas de relevadores radioeléctricos equipados con FEC pueden sincronizarse señales SC en las estaciones regeneradoras sin señales de trama especiales y transmitirse señales SC. Para ello se accede a bits SC adicionales que se agregan a la FEC.

4.2 Transmisión de señales SC entre estaciones de relevadores radioeléctricos SDH

En la jerarquía digital síncrona (SDH) se dispone de bytes de tara para la transmisión de información de mantenimiento y explotación, método que puede sustituir a los indicados en el § 4 anterior. Hay seis bytes de tara reservados para uso del medio de transmisión. Estos seis bytes son accesibles en las estaciones terminales y regeneradoras y pueden servir para la transmisión de señales de mantenimiento y explotación tales como las SC y las de conmutación de protección (véase la Recomendación UIT-R F.751).

APÉNDICE 1

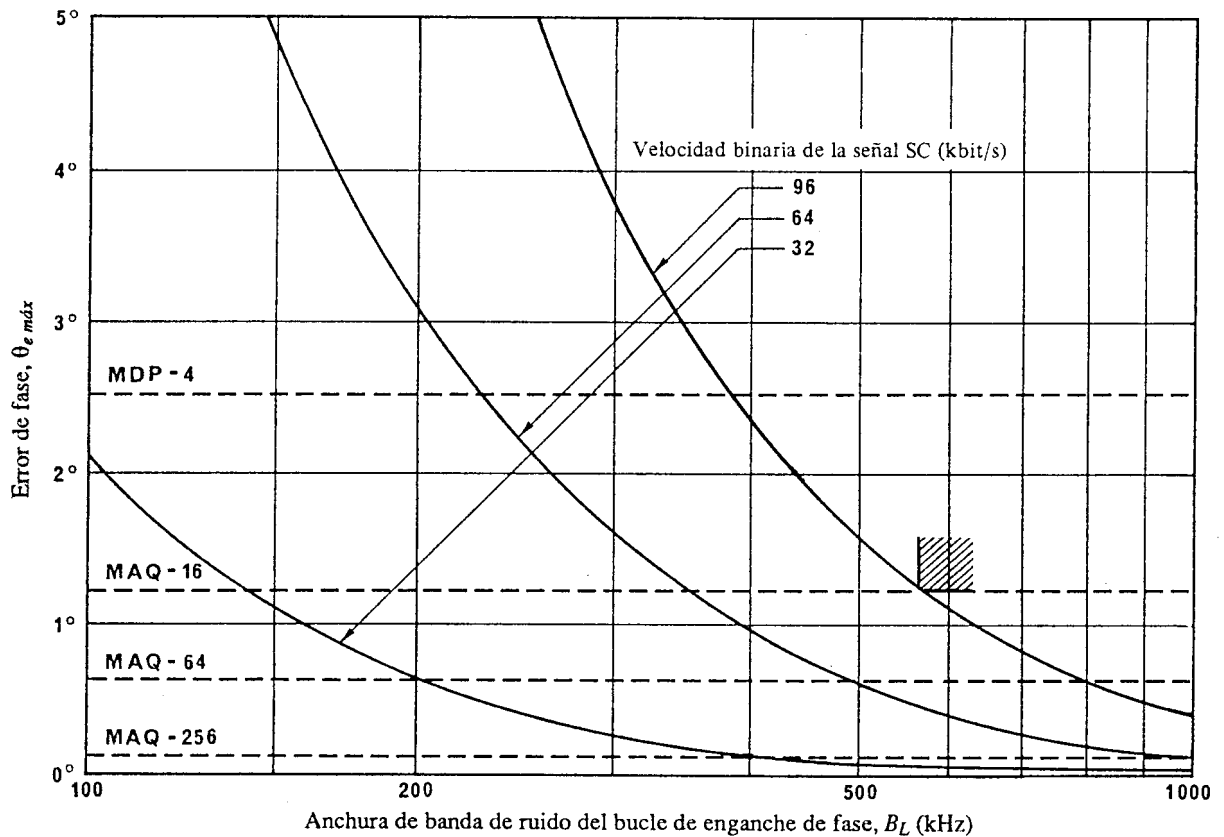
AL ANEXO 1

Conformación óptima de los impulsos y capacidad máxima para la transmisión de señales de «supervisión y control» utilizando modulación MDF adicional

Se ha evaluado el método de modulación MDF adicional para la transmisión de señales SC mediante el error de fase del seguimiento que se presenta en la salida del detector coherente de la señal principal y mediante evaluación de la característica de la relación señal/ruido de la señal SC demodulada. La conformación del impulso de señalización SC no debería incluir componente alguna de corriente continua. Entre las conformaciones de impulso consideradas se ha estimado que la señalización de respuesta parcial de clase 4 es bastante adecuada para el error de fase del seguimiento.

El límite superior de la capacidad de transmisión de señales SC viene definido por la velocidad binaria que produce el error de fase del seguimiento admisible. En la fig. 1 se presenta la relación entre el error de fase del seguimiento y la anchura de banda de ruido (B_L) del «bucle de enganche de fase» (PLL – «Phase Lock Loop»). Esta relación se ha establecido con la condición de que las señales SC de velocidades binarias diferentes obtengan una relación señal/ruido idéntica. La capacidad máxima de transmisión de señales SC con sistemas MAQ-16 y sistemas MAQ-64 está limitada a 96 kbit/s y 32 kbit/s, respectivamente.

FIGURA 1
**Error de fase del seguimiento debido a la modulación MDF
 de respuesta parcial de la señalización de clase 4**



- Error de fase máximo admisible (equivalente a la degradación de la relación C/N de la señal principal en 0,2 dB)
- ▨ Ejemplo de la intersección entre la anchura de banda de ruido del PLL (B_L) para recuperar la portadora de un sistema MAQ-16 y el error de fase admisible, propuesto por una administración