

## SZERKESZTŐ BIZOTTSÁG

## BHG

Berez Frigyes  
Bernhardt Richárd  
Eisler Péter  
Dr. Gosztony Géza  
Honti Ottó  
Klug Miklós  
Tölgyesi László

## ORION

Jakubik Béla  
Baracs Sándor  
Csernoch János  
Froemel Károly  
Sass Károly  
Szabó Károly

## TERTA

Bánsági Pál  
Baján Tibor  
Benedek Elek  
Egerszegi Béla  
Hutter Mihály

# BHG ORION TERTA MŰSZAKI KÖZLEMÉNYEK

XXVI. évfolyam

1980.

5. szám

## Megbízhatósági garanciavállalás a telefóniában

KESSELYÁK PÉTER  
BHG

### 1. A megbízhatósági garanciavállalás alapelvei

A telefonközpontokat és általában a professzionális nagyberendezéseket hosszú élettartamra tervezik, amely alatt megbízhatóan kell működniük. A megbízhatóság a gyártmány minőségének fontos jellemzőjévé vált, és mint ilyen, garancia tárgyát képezheti. A megbízhatósági garancia lényegét tekintve eltér a minőség általános szavatolásától, mégpedig abban, hogy míg az általános szavatosság időtartamán belül minden egyes tervezési és gyártási hiba javítása a gyártót terheli, addig a megbízhatóságra vonatkozó garancia esetén csak a reklamálható hibaszám fölötti hibák javításának költsége terheli a gyártót.

A nemzeti és nemzetközi kereskedelemben érvényes szavatossági előírások általában 6 hónaptól 2 évig (rejtett hiba esetén maximálisan 3 évig) terjedő időre garantálják a gyártmány hibamentes működését. A professzionális nagyberendezések megbízhatóságával szemben támasztott elvárások azonban a legtöbb esetben oly magasak, hogy azoknak az üzemeltetés feltételei között történő igazolásához az előírt szavatossági idő nem elegendő, illetve csak több azonos típusú és azonos feltételek között üzemelő berendezés összevont megfigyelése teszi lehetővé a követelmények szavatossági időn belüli igazolását.

A professzionális nagyberendezések gyártóinak ezért a piaci versenyképesség megőrzése érdekében arra kell törekedniük, hogy gyártmányaik megbízhatóságát az érvényes szavatossági előírások kereteit túllépve garantálják.

A modern, megbízhatósági garanciavállalás alapvető irányelvei a következőkben fogalmazhatók meg:

- A garanciális időszaknak olyan hosszúnak kell lennie, hogy az alatt a berendezésektől elvárt megbízhatóság igazolható legyen.
- A megbízhatóság igazolásának kimenetelét illetően mind a gyártó, mind a felhasználó kockázata legyen ismert és lehetőség szerint egyenlő.
- A gyártó által a szavatossági időn túl vállalt kockázat — mint új szolgáltatás — ellenértéke kerüljön beépítésre a berendezés eladási árába.

### 2. A megbízhatóság igazolásának módszere

Ahhoz, hogy a megbízhatóság garantálható szintjét és a hozzá tartozó kockázatokat reálisan becsülni lehessen, előzetesen megbízhatóság meghatározó vizsgálatot kell lefolytatni. Professzionális híradástechnikai nagyberendezések esetében az üzemi megbízhatóság szintje laboratóriumi vizsgálatokkal — több okból — nem határozható meg:

- A berendezés üzemszerűen hírközlő hálózatba integrálva kerül felhasználásra, így megbízhatósága nem független a hálózat paramétereitől, amelyeket viszont — a valószínűségi változók nagy száma miatt — laboratóriumban reprodukálni nem lehet.
- Telefonközpontok esetében a megbízhatóságot alapvetően befolyásoló forgalmi terhelés nagyságának, spektrumának és időbeli eloszlásának leutánczása rendkívül bonyolult és gazdaságtalanul drága vizsgálóberendezéseket igényelne.
- A megbízhatóság igen nagy mértékben függ az alkalmazott karbantartási stratégiától és a karbantartás színvonalától, ami laboratóriumi körülmények között szintén reprodukálhatatlan.
- A megbízhatósági célkitűzések magas szintje miatt a megbízhatóság igazolásához, illetve meghatározásához szükséges berendezések mennyisége (általában több ezernyi vonalkapacitás) és a vizsgálat szükséges időtartama (több év) igen nagy, ami laboratóriumi keretek között még gyorsított eljárással sem teszi lehetővé egy ilyen vizsgálat lefolytatását.

A megbízhatóság meghatározó és -ellenőrző vizsgálatok mindegyikét egyaránt csak a tényleges felhasználás körülményei között, megbízhatósági referencia megfigyelések útján lehet megvalósítani. Megfigyelés tárgyát képezhetik a hibamentesség, karbantarthatóság és használhatóság (availability) jellemzői, amelyek külön-külön és együttesen a megbízhatóság fogalmkörébe tartoznak.

A referencia megfigyelések lefolytatására és ered-

ményeinek értékelésére szekvenciális vizsgálati tervek a legalkalmasabbak. Ilyen szekvenciális vizsgálati terveket tartalmaz pl. az IEC 56/Central Office/46 szabványjellegű dokumentum. Az ebben közölt vizsgálati tervekben azonban a gyártó és felhasználó kockázata túlságosan magas — 10% vagy afölötti érték — ami a telefóniában nem alkalmas arra, hogy anyagi kockázatvállalás alapjául szolgáljon. Ezért az IEC által javasolt szekvenciális vizsgálati terveket finomítva, 1-3% közötti gyártói és felhasználói kockázatokra célszerű a referenciamegfigyeléseket méretezni.

Az alábbiakban egy — a BHG által alkalmazott — szekvenciális vizsgálati tervet mutatunk be.

Legyen a megfigyelt központ egy vonalkapacitásra eső fajlagos meghibásodási rátájának elfogadási értéke:  $\lambda_0$  hiba·vonal<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup>. Jelentse  $V$  a megfigyelt központ (vagy központok) eredő vonalkapacitását. Akkor az adott referenciakörzetben a meghibásodások közti idő átlagértékének (=MTBF) elfogadási értéke:

$$m_0 = \frac{1}{\lambda_0 \cdot V} \cdot \text{év} \cdot \text{hiba}^{-1} \quad (1)$$

Legyen ugyanakkor a meghibásodások közti átlagidő visszautasítási (=reklamálható) értéke mindenkor:

$$m_2 = \frac{m_0}{2} \quad \text{vagyis}$$

a vizsgálati terv diszkriminációs hányadosa:

$$D_R = \frac{m_0}{m_1} = 2 \quad \text{rögzített érték.}$$

Jelentse  $\tau = t/m_0$  az  $m_0$  többszöröseiben kifejezett fajlagos megfigyelési időt, melyet a hibák számának várható növekedésével mérünk; dimenziója: év·[év·hiba<sup>-1</sup>]<sup>-1</sup>=hiba. Legyen  $r$  a tapasztalt hibák száma,  $\alpha = 0,01$  (1%) az átadó kockázata (annak valószínűsége, hogy  $m = m_0$  esetén a megfigyelés reklamációval végződik,  $\beta = 0,01$  (1%) az átvevő kockázata (annak valószínűsége, hogy  $m = m_1$  esetén a megfigyelés nem vezet reklamációra).

Legyen a szekvenciális vizsgálat maximális időtartama  $t_{\max} = 5$  év; minimális időtartama  $t_{\min} = 0,5$  év;

Legyen  $W = [V \cdot t]_{\min} = 1000$  vonal·év a szekvenciális vizsgálat minimálisan előírt megfigyelési volumene (relevant test time). Jelölje  $r_0(\tau)$  az elfogadási hibaszámot a  $\tau = t/m_0$  fajlagos megfigyelési idő függvényében.

Hasonlóképpen jelölje  $r_1(\tau)$  a reklamálható hibaszámot.

A szekvenciális vizsgálat szerint a központ megbízhatósága

— megfelelő, ha a tényleges hibaszám:

$$r(\tau) \leq r_0(\tau);$$

— reklamálható, ha  $r(\tau) > r_1(\tau)$ ;

— illetve a vizsgálatot tovább kell folytatni (maximálisan 5 évig), ha  $r_0(\tau) < r(\tau) \leq r_1(\tau)$ .

A csonkítatlan szekvenciális vizsgálat  $r_0(\tau)$  és  $r_1(\tau)$  hibakaraktisztikáit az alábbi összefüggések határozzák meg:

$$r_0(\tau) = \frac{\log\left(\frac{\beta}{1-\alpha}\right) + (D_R - 1) \cdot \tau}{\log D_R} = \frac{\log 0,01 + \tau}{\log 2} \quad (2)$$

$$r_1(\tau) = \frac{\log\left(\frac{1-\beta}{\alpha}\right) + (D_R - 1) \cdot \tau}{\log D_R} = \frac{\log 99 + \tau}{\log 2} \quad (3)$$

Mint hogy általában  $t_{\max} = 5$  év  $\gg m_0$ , azért jogos a szekvenciális vizsgálatot csonkítatlannak tekinteni.

A reklamálható hibaszám,  $r_1(\tau)_{\min}$  minimális értékét a szekvenciális vizsgálati terv megkövetelt minimális megfigyelési volumene,  $W$  határozza meg a következőképpen:

A fajlagos megfigyelési idő minimumát az alábbi összefüggéssel értelmezzük:

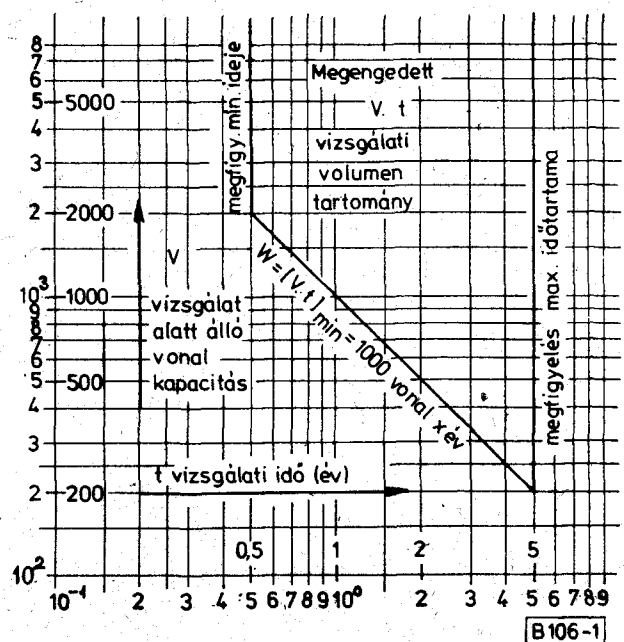
$$\tau_{\min} = \frac{V \cdot t_{\min}}{V \cdot m_0} = \frac{W}{V \cdot \frac{1}{\lambda_0 V}} = W \cdot \lambda_0 \quad (4)$$

Pl.  $\lambda_0 = 0,02$  hiba·vonal<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup> és  $W = 1000$  vonal·év esetén  $\tau_{\min} = W \cdot \lambda_0 = 20$  [hiba]. Ezt az értéket a (3) összefüggésbe helyettesítve azt kapjuk, hogy

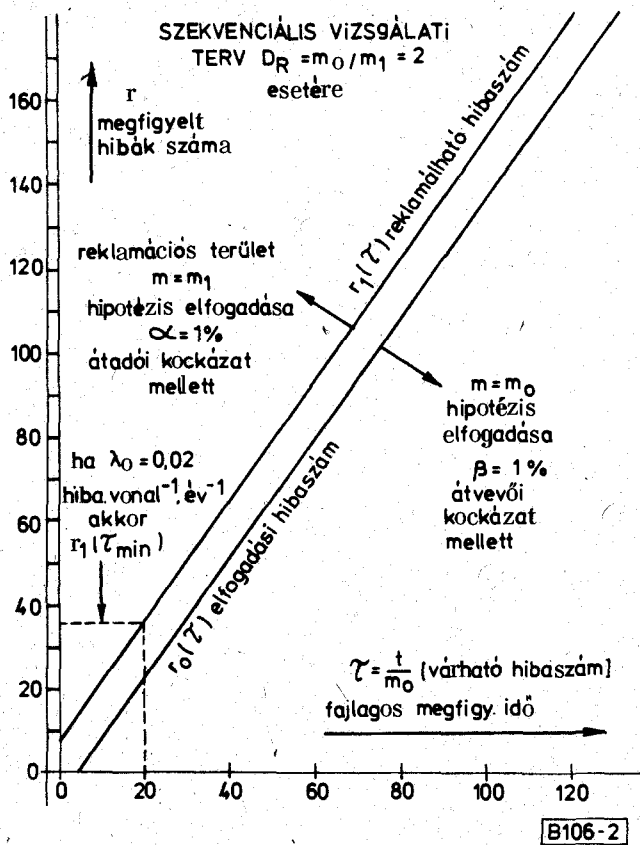
$$r_1(\tau)_{\min} = \frac{\log(99) + 20}{\log 2} = \frac{4,595 + 20}{0,6931} = 35,48 \text{ hiba.}$$

A központ megbízhatósága tehát csak akkor reklamálható, ha a tapasztalt hibaszám  $r(\tau) > r_1(\tau)$  és egyidejűleg  $r_0(\tau) \leq r_1(\tau)_{\min} \approx 36$  hiba, vagyis a vizsgálat minimális időtartama:  $t_{\min} = 20 \cdot m_0$  és ezen idő alatt a tapasztalt hibák száma 36 vagy annál több.

A bemutatott számszerű példához tartozó szekvenciális vizsgálat megengedett vizsgálati volumentartományát az 1. ábra, a hozzá tartozó  $r_0(\tau)$  elfogadási és  $r_1(\tau)$  reklamációs hibaszám karakterisztikákat pedig a 2. ábra mutatja.



1. ábra. Telefonközpontok szekvenciális megbízhatósági vizsgálatának megengedett vizsgálati volumentartománya



2. ábra. Telefonközpontok szekvenciális megbízhatósági vizsgálatának elfogadási és reklamációs hibaszám karakterisztikái

### 3. A megbízhatósági garancia érvényességének feltételei

3.1. Mivel az IEC által ajánlott szekvenciális vizsgálati tervek a meghibásodások közti időtartam exponenciális eloszlását tételezik fel, azért a központok üzembe helyezése utáni ún. korai meghibásodás időszakát — általában az első fél évet — amikor a meghibásodási ráta nem állandó, ki kell rekeszteni a megbízhatóság igazolását célzó megfigyelésekből. Hasonló okokból a központok bővítése a garanciális időszak alatt nem megengedett, illetve, ha a központot bővítik, akkor a bővítési munkák megkezdésétől a bővítés postai átvételét követő 6 hónap elteltéig terjedő időt ki kell rekeszteni a garanciális időből.

3.2. A megbízhatósági garancia érvényességéhez bizonyos műszaki előfeltételek szerződésben való rögzítése és reklamáció esetén betartásának ellenőrzése szükséges. Ilyen előfeltételek a következők:

- a központ keretei, egységei szállításból vagy raktározásból eredő károsodást nem szenvedtek;
- a központ géptermeinek környezeti feltételei folyamatosan megfelelnek az előírásnak;
- a központ felszerelése, üzembe helyezése, üzemeltetése és folyamatos karbantartása megfelel az előírásoknak;
- a központ forgalmi méretezése helyes és a központ valóban olyan forgalmat bonyolít le, amilyenre méretezték;

- gyártómű által jóvá nem hagyott áramköri módosítások a központban nincsenek;
- a központ és a hálózat többi része közti együttműködésben illesztlenség nem áll fenn;
- a feltárt hibák regisztrálása pontos és a megbízhatóság értékeléséhez szükséges információkat tartalmazza;
- a hibák megbízhatósági értékelésbe történő bevonásának, illetve kirekesztésének szabályait az előzetes megállapodásnak megfelelően alkalmazzák.

3.3. Reklamáció esetén, annak érvényesítéséhez szükséges feltétel, hogy a felhasználó a gyártó által kért információkat hiánytalanul és kellő időben szolgáltatassa és biztosítson lehetőséget a gyártó számára a garanciafeltételek teljesülésének helyszíni kivizsgálásához.

### 4. A megbízhatósági garanciavállalás anyagi ellenértéke

Az általános (1–2 éves) szavatossági időn túl vállalt megbízhatósági garancia olyan új, biztosítás jellegű szolgáltatás, amelynek az alábbi költségkihatásai lehetnek a gyártó terhére:

- A reklamálható hibaszint fölötti hibák elhárítására fordított karbantartási költségek megtérítése.
- Gyártó által végzett helyszíni szemle, ill. szervizszolgálat költségei.
- Típushiba esetén átfogó intézkedések költségei.

Mint ahogy a megbízhatóság garanciális szintjének igazolását célzó szekvenciális vizsgálat során az előforduló hibák száma valószínűségi változó, azért az a) és b) alatti költségek olyankor is felmerülhetnek, amikor a gyártó vétlen ezek felmerüléséért. A véletlenül viselendő költségterhek várható összegét — mint a biztosítás jellegű megbízhatósági garanciavállalás ellenértékét — a gyártó jogosan beépítheti a központok eladási árába. Ennek filozófiája a következő:

Ha a központ-meghibásodások közti átlagidejének  $m$  valódi értékére igaz, hogy  $m \geq m_0$ , akkor a karbantartási költségei nyilvánvalóan a felhasználót terhelik. Hasonlóan nyilvánvaló, hogy ha  $m < m_1 = m_0/2$ , akkor a garancia értelmében a karbantartásnak ebből származó többletköltségei a gyártót terhelik. Harmadik eset az, hogy a megbízhatóság valódi  $m$  paramétere az  $m_0$  elfogadási és az  $m_1$  reklamációs érték közötti „semleges” tartományba esik (rejtett esemény) függetlenül attól, hogy a szekvenciális vizsgálat eredményeként vagy az  $m = m_0$  vagy az  $m = m_1$  hipotézist fogadjuk el. Osszuk két részre az  $(m_1, m_0)$  tartományt úgy, hogy az  $s$  osztásponthoz az adott szekvenciális vizsgálati terv OC jelleggörbéje [1] szerint egymással egyenlő  $\alpha' = \beta' = 0,5$  gyártói és felhasználói kockázat tartozzék. Ha az  $m$  valódi megbízhatósági mutató az  $(m_1, s)$  résztartományban van, akkor ennek karbantartási következményeit viselje a gyártó, míg ha az  $(s, m_0)$  résztartományban van, akkor a felhasználó. Alkalmazzuk most ezt a költségmegosztási filozófiát az a) esetre:

Legyen 1 hiba elhárításának átlagos költsége  $c_a$ . Ha szekvenciális vizsgálat során  $\tau$  fajlagos megfigye-

lési idő elteltével a hibák száma  $r > r_1(\tau)$ , akkor a garanciavállalás értelmében a gyártót

$$C_a(\tau) = c_a \cdot [r - r_1(\tau)] \quad (5)$$

reklamációs költség terheli. Tegyük most fel — az (5) költséget, mint tényadatot elfogadva —, hogy a valódi megbízhatósági paraméter,  $m$  az ( $s, m_0$ ) résztartományba esik, amikor is a karbantartás költségei — filozófiánk szerint — a felhasználóra terhelendők. Határozzuk meg ezt a költséget. Mindenekelőtt a szekvenciális vizsgálatok elmélete alapján kimutatható, hogy  $m_0/m_1 = 2$  esetén  $s = m_0 \cdot \ln 2$ . Ha az eredeti szekvenciális vizsgálati terv az  $s$  paraméter igazolására irányult volna  $m_0$  helyett, akkor  $\tau = t/m_0$  helyett  $\tau' = t/s = \tau \cdot \log 2$  fajlagos megfigyelési időt kellett volna figyelembe venni, amikor is a visszautasítási hibaszám  $r_1(\tau)$ , helyett  $r_1(\tau/\log 2)$  értéket vesz fel. A (3) összefüggés szerint a módosított és a „de facto” visszautasítási hibaszámok különbsége:

$$r_1(\tau/\ln 2) - r_1(\tau) = \tau \cdot \left( \frac{1}{(\ln 2)^2} - \frac{1}{\ln 2} \right) = 0,6386 \cdot \tau. \quad (6)$$

Ennek megfelelően a felhasználóra terhelendő költség:

$$C'_a(\tau) = 0,6386 \cdot \tau \cdot c_a. \quad (7)$$

A gyártót jogosan terhelő reklamációs költség pedig:

$$C''_a(\tau) = C_a(\tau) - C'_a(\tau).$$

Mínt hogy azonban a garanciavállalás értelmében a gyártó a  $C_a(\tau)$  összeget fizeti reklamáció elfogadása eselén a felhasználónak, azért a  $C'_a(\tau)$  ellenértéket jogos beépítenie a központ árába, mint a garancia-szolgáltatás ellenértékét. Fontos megjegyezni, hogy míg a  $C_a(\tau)$  valószínűségi változó, addig  $C'_a(\tau)$  determinált összeg.

Tekintsünk egy számszerű példát. 1 hiba elhárításának átlagos költsége — beleértve a karbantartó apparátus rezsiköltségeit is — legyen  $c_a = 50$  \$.

Tekintsünk egy  $V = 100$  vonalas központot  $\lambda_0 = 0,02$  hiba·vonál<sup>-1</sup>·év<sup>-1</sup> fajlagos meghibásodási rátával, azaz  $m_0 = 1/(\lambda_0 \cdot V) = 1/20$  év·hiba<sup>-1</sup> meghibásodások közti átlagidővel,  $t_{\max.} = 5$  év megfigyelési időn keresztül. Akkor  $\tau_{\max.} = t_{\max.}/m_0 = 5 \cdot 20$  [hiba] = 100 [hiba]. Behelyettesítve ezt a (7) összefüggésbe, kapjuk, hogy

$$C'_a(100) = 0,6386 \cdot 100 \cdot 50 \$ = 3193 \$ . \quad (8)$$

Ha pl. a központ eladási ára vonalanként 200 \$, akkor az 1000 vonalas központ árát 1,6%-kal jogos megemlíni az  $a$ ) pontbeli kötelezettség vállalásának ellenértékéért.

Tekintsük most a  $b$ ) pontot. Legyen 1 reklamáció kivizsgálásának átlagos költsége  $c_b$ . Az előzőekkel azonos filozófia alapján kimutatható, hogy a gyártót

$$C_b(\tau) = c_b \cdot \alpha \cdot \frac{\tau}{\ln 2} \cdot \frac{1}{\bar{\tau}}, \quad (9)$$

költség terhelheti, ahol

$$\bar{\tau} = \frac{\alpha \ln \left( \frac{1-\beta}{\alpha} \right) - (1-\alpha) \ln \left( \frac{\beta}{1-\alpha} \right)}{\ln 2 - 1} \approx 15, \quad (10)$$

a szekvenciális vizsgálati terv várható fajlagos döntési ideje. A (9) várható költséget szintén jogos a központ árába beépíteni. Legyen  $c_b = 2000$  \$. Az előzőekben példaként vett központnál 5 éves garancia-időre akkor:

$$C_b(100) = 2000 \cdot 0,01 \cdot \frac{100}{15} \cdot \frac{1}{0,693} \$ = 192 \$, \quad (11)$$

$C'_a(100) + C_b(100) = 3385$  \$, ami az adott központ esetében az eladási ár 1,7 %-át teszi ki.

#### IRODALOM

- [1] MI 11012—77 Műszaki Irányelvek: Elektronikai termékek szekvenciális megbízhatósági vizsgálatai.