

# A megbízhatóság és a felhasználó költsége

DR. BALOGH ALBERT  
Mikroelektronika Vállalat

## Összefoglalás

A közlemény félvezető eszközök esetében vizsgálja a megbízhatóság növelésének költségkihatását. Rávilágít arra, hogy az alkalmazott megbízhatóságnövelő vizsgálatoknak a költsége nem haladhatja meg az ezek eredményeként jelentkező javítási költségsökkenés mértékét. A tanulmány a vizsgálatok költségét a tétel nagyság függvényében értékeli. A költségek értékelési módszereit külföldi példák segítségével szemlélteti a szerző annak érdekében, hogy a jövőben a hazai alkatrészfelhasználók is költségorientált döntéseket hozzanak termékeik megbízhatóságának biztosítása érdekében.

## 1. Bevezetés

Napjainkban gyakran hangzik el Magyarországon a termékek vásárlóinak és felhasználóinak a körében az a mondat, hogy nem hajlandók a jobb minőségért, a nagyobb megbízhatóságért magasabb árat fizetni, azaz elvárják, hogy a gyártó ugyanazért az összegért adjon el egy közepes- és egy nagymegbízhatóságú terméket is. Ez a vélemény figyelmen kívül hagyja a megbízhatóságnak és a felhasználó összes költségének a kapcsolatát, azaz azt, hogy a nagyobb megbízhatóság kisebb javítási, tartalékolási költséget eredményez és így a megbízhatóságért kifizetett összeg teljesen megtérül és hasznot is eredményez.

Természetesen a vásárló mindig meg akar győződni, hogy a minőség és így a megbízhatóság ára valóban kifizetődő-e számára vagy sem. A vevő azt is tudni akarja, hogy meddig mehet el a jobb megbízhatóságú termék megvásárlásában. A jelen tanulmány ehhez a sok oldalú döntéshez kíván segítséget nyújtani azzal, hogy egy félvezető eszközöket (integrált áramköröket és diszkrét félvezetőket) felhasználó berendezésgyártó vállalat megbízhatósággal foglalkozó szakembereinek döntéselőkészítő meggondolásait vázolja. Hangsúlyozni kell, hogy a tanulmányban közölt elvi megállapítások és gyakorlati következtetések külföldi példákon alapulnak. Ez azt jelenti, hogy feltételezzük, egy kiterjedt minőségtanúsítási rendszerben minősítik az elektronikai alkatrészeket. Ilyennek tekintjük az USA katonai minőségtanúsítási rendszerét, amelyet a MIL-STD-38510 [1] és MIL-STD-883 [2] szabványok határoznak meg; valamint a nyugat-európai minőségtanúsítási rendszert, amelyet részletesen leírnak a CECC 90000 [3], CECC 00107 [4] szabványok illetve az eze-

### Kulcsszavak:

**Magyarul:** Félvezető eszközök megbízhatósága. Megbízhatóság előrejelzés. Szűrővizsgálatok. Vizsgálati költség.

**Angolul:** Reliability of semiconductor device. Reliability prediction. Screening tests. Test cost.

Beérkezett: 1990. III. 27. (1)



BALOGH ALBERT

Matematikus, 1957-ben végzett a debreceni Kossuth Lajos Tudományegyetemen. 1961 óta foglalkozik az elektronikai

alkatrészek megbízhatóságának értékelésével a HIKI-ben, majd 1982 óta a MEV-ben. Jelenleg a MEV megbízhatóság vizsgálati főosztály főosztályvezető-helyettese.

A témakörben közel 50 publikációt jelentetett meg illetve számos előadást tartott. 1981-ben az EOQC Quality folyóiratának EQ-díját kapta meg „Rendszer megbízhatóság-előrejelzés” című tanulmányáért. A HTE elnökségi tagja, a megbízhatósági osztály titkára, 1976-ban Puskás Tivadar – díjat kapott.

ket követő IECQ rendszert, amelynek publikációi közül [5], [6] kiadványokat emeljük ki.

(IECQ = International Electrotechnical Commission Quality Assessment System for Components).

Másrészt a tárgyalás során felhasználjuk az elektronikai alkatrész minőségi osztályai (szintjei) és megbízhatóság közötti kapcsolatot is leíró ún. megbízhatóság előrejelzés modelleket, amelyeket legutóbban a MIL-HDBK 217 E [7] kézikönyv ír le és emelylekkel a hazai szakirodalomban a Balogh – Gerlai [8] tanulmány is foglalkozik. A külföldi példa azért is szükséges, hogy a minőség és megbízhatóság különböző fokozataiban gondolkozva tudjuk meghatározni a különböző járulékos költségeket. A tanulmány ezzel kívánja elősegíteni a hazai felhasználók költségorientált megbízhatósági döntés-előkészítését.

## 2. A felhasználói költségek elektronikai alkatrészek esetében

A félvezető eszközöket felhasználó berendezésgyártóknak elsődleges célja annak átgondolása, hogy egy félvezető eszköz tényleges költsége hogyan jelentkezik gyárában és számba kell vennie azokat a tényezőket, amelyek növelik illetve csökkentik ezeket a költségeket.

Nyilvánvaló, hogy a megbízhatósági vizsgálatokat – ezeken belül a 100 %-os roncsolás mentes jellegű szűrővizsgálatokat – nem lehet ingyen elvégezni. Ezeknek a vizsgálatoknak a költségei hozzáadódnak az egyes eszközök beszerzési árához, vagy azért, mert ezeket a vizsgálatokat az alkatrészgyártó végzi el (ez a szokásos külföldön), vagy azért, mert ezeket a vizsgálatokat a berendezésgyártóknak kell elvégeztetnie (ez a hazai gyakorlat), mert sokszor külföldről vásárolják az ismeretlen minőségű és megbízhatóságú eszközöket.

Híradástechnika, XLI. évfolyam, 1990. 9–10. szám

Ekkor arra a kérdésre, hogy miért aggódunk emiatt, az a válasz, hogy a nagy nemzetközi minőségtanúsítási rendszerek követelményeinek megfelelően ezekre a vizsgálatokra szükség van. Ezen túlmenően azonban két kérdést kell feltenni:

- 1/ Milyen mértékű megbízhatósági vizsgálatot követel meg a felhasználó?
- 2/ Milyen vizsgálatok lesznek a leggazdaságosabbak?

Ezek a kérdések csak akkor válaszolhatók meg, ha megvizsgáljuk a berendezésgyártó által konstruálandó rendszer alkatrész-költségeinek összetevőit, és információt kapunk arra vonatkozóan, hogyan értékelhető az a költség-egyensúly, amely ezen költségek és a megbízhatósági vizsgálat várható haszna között állapítható meg:

A felhasználói költséget úgy definiáljuk, mint az összes olyan alkatrészvonatkozású költséget, amely a rendszer várható élettartama alatt lép fel. Ennek a költségnek három összetevőjét különböztetjük meg:

- a/ Az alkatrész teljes beszerzési (bekerülési) költsége, amely az alkatrész költségének, a szűrővizsgálat költségeinek és a felhasználó saját beszerzési költségeinek összege.

Ezek a beszerzési költségek (a járulékos költségekkel együtt) magukba foglalják a vásárlással kapcsolatos költségeket, az előírások elkészítésének és karbantartásának költségeit, az üzemi minőségbiztosítás költségeit és az idegenárú ellenőrzés költségét. Nyilvánvaló, hogy ezek a költségek az egyes megvásárolt eszközökre terhelődnek, tehát tétel nagyság-függőek.

- b/ A rendszer összeszerelése alatt és a vizsgálati ciklus után fellépő meghibásodások miatt szükséges cserealkatrészek költségei. Ezek a költségek a bejövő minőségi szintre (hibaszintre) vonatkoznak és nem a megbízhatóságra. Ezt szokásos jellemezni a PPM-szinttel (PPM=Parts Per Million, azaz egy millió eszközre vonatkoztatott hibaarány).

- c/ A rendszer üzemeltetése során felhasznált cserealkatrészek költsége.

$$C_R = n \times \left( C_E + \frac{C_B}{n} \right) + \left( C_{J1} \cdot H \right) + \left( C_{J2} \cdot \frac{L}{M} \right)$$

[H595-1]

1. ábra. A teljes alkatrészvonatkozású költség ahol

- CR = a teljes rendszer alkatrész vonatkozású költségei,
- n = az alkatrészek száma,
- C<sub>E</sub> = egy alkatrész átlagos költsége,
- C<sub>B</sub> = a beszerzés költségei járulékos költségekkel együtt,
- C<sub>J1</sub> = a gyártás során egy alkatrész javítási költsége,
- H = a meghibásodott darabok száma,
- C<sub>J2</sub> = az üzemeltetés során egy alkatrész javítási költsége,
- L = a rendszer tervezett élettartama,
- M = a rendszer MTBF-je (Mean Time Between Failures = Átlagos Működési Idő)

Ezeket a költségeket az 1. ábrán látható képletben foglaljuk össze.

A rendszer Meghibásodások Közötti Átlagos Működési Ideje, azaz MTBF\* értéke soros rendszer (egy alkatrész meghibásodása a rendszer meghibásodását idézi elő) és az alkatrészek exponenciális működési idő eloszlása esetén (ekkor a meghibásodási ráta az átlagos működési idő reciprokával egyenlő) a következőképpen fejezhető ki az egyes alkatrészek MTBF<sub>i</sub> (i=1,...,n) átlagos működési idejével:

$$MTBF = \left( \sum_{i=1}^n \frac{1}{MTBF_i} \right)^{-1}$$

Ha MTBF<sub>1</sub> = MTBF<sub>2</sub> = ... = MTBF<sub>n</sub>, akkor

$$MTBF = \frac{MTBF_1}{n}$$

Például, ha MTBF<sub>i</sub> (i=1,2,3,4) = 6000, 4000, 1200 és 8600 óra, akkor

$$MTBF = \left( \frac{1}{6000} + \frac{1}{4000} + \frac{1}{1200} + \frac{1}{8600} \right)^{-1} = 732 \text{ óra.}$$

Ha egy átlagos alkatrész MTBF-értékkel számolunk, akkor

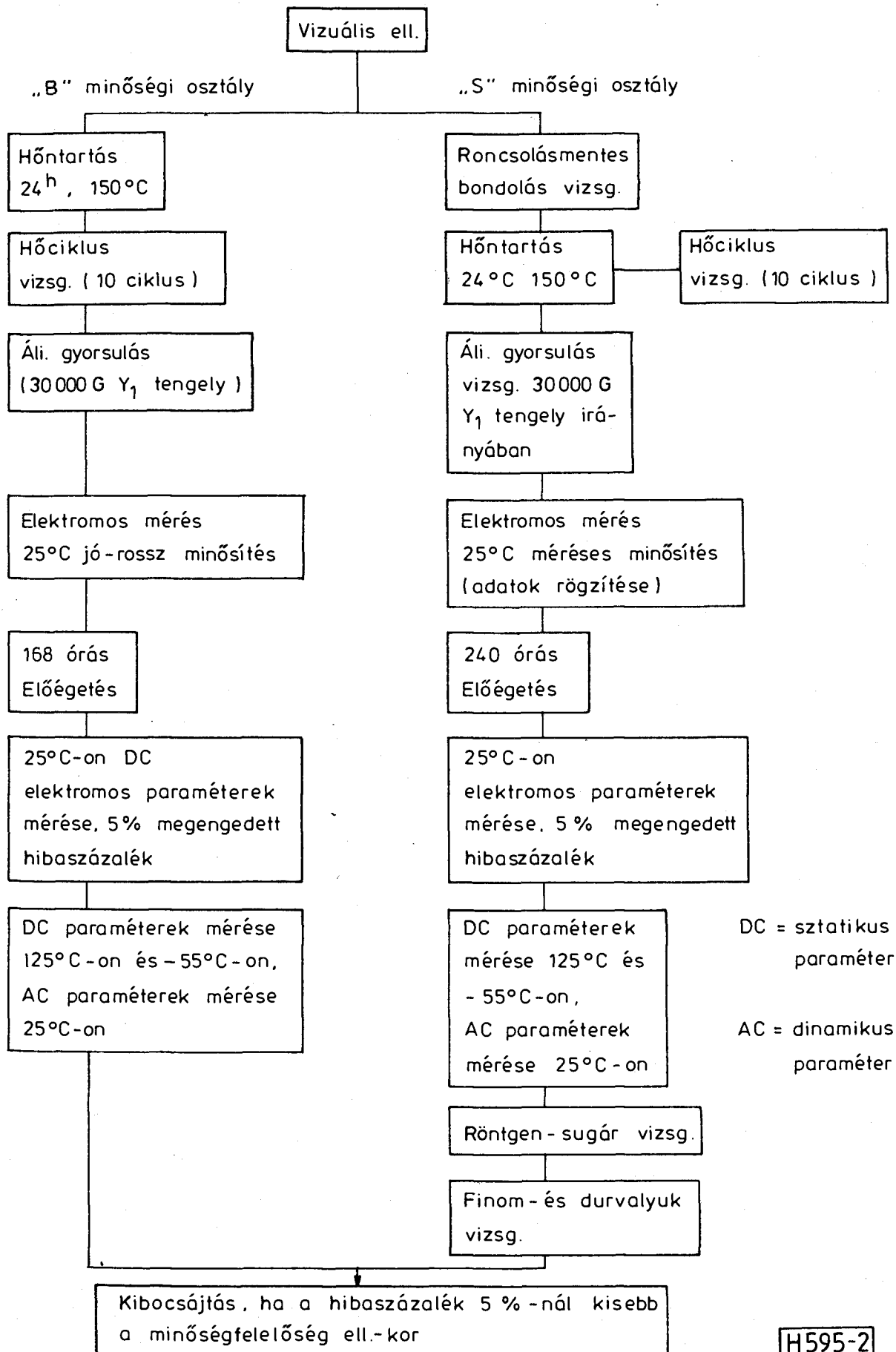
$$MTBF = \frac{6000 + 4000 + 1200 + 8600}{4} = 4950 \text{ óra,}$$

így ezt az értéket felhasználva a rendszer MTBF

$$MTBF = \frac{MTBF}{4} = \frac{4950}{4} = 1238 \text{ óra.}$$

Az alkatrészek MTBF-jét az előrejelzési modellekből ([7], [8]) számított alkatrész meghibásodási ráta reciprokaként kapjuk meg, ezzel később foglalkozunk. Ebben a részben csak azt kell megjegyezni, hogy a rendszer MTBF-je meghatározza a rendszer várható javítási gyakoriságát. Mivel a rendszerben minden egyes eszköz meghibásodása olyan rejtett meghibásodási mechanizmus következtében lép fel, amelyet nem tárt fel a 100 %-os szűrővizsgálat, nyilvánvaló, hogy a szűrés költségeinek növekedésével az MTBF is növekedni fog. A szűrés ugyanis több potenciális meghibásodást távolít el a beérkezett alkatrész-tételből az esetben, ha széles körűbb vizsgálatot végzünk, ennek eredményeként kevesebb rejtett hibás alkatrészt fognak a rendszerbe beépíteni. A MIL-STD 38510 szerinti szűrővizsgálatok közül a „B” és „S” minőségi osztályok (ipari minőség és katonai minőség) szűrővizsgálati sorozatait láthatjuk a 2. ábrán. A szűrővizsgálatok olyan 100 %-os roncsolásmentes vizsgálatok, amelyek

\* MTBF = Mean Time Between Failures



2. ábra. Ipari („B” osztály) és katonai minőségű („S” osztály) hermetikus tokozású integrált áramkörök szűrővizsgálataj (MIL-STD-38510)

a potenciálisan hibás eszközöket eltávolítják a tételből, ugyanakkor a jó eszközöknek a megbízhatóságát nem csökkentik, azok további felhasználását lehetővé teszik.

Az 1. ábrán megadott képletben némely költségfajta rögzített, mások kisebb, megint mások igen nagy mértékben változhatnak. Ezért mindegyik költséget részletesen elemezni kell a következőkben és a költségek közötti összefüggéseket gondosan meg kell vizsgálni annak érdekében, hogy minimalizáljuk a felhasználónál jelentkező teljes költséget.

### 3. A félvezető eszközök gyártása során fellépő költségek

A félvezető eszközök fő gyártási költségei három összetevőből állnak: összes munkabér (munkaerőköltség), az összes anyag-költség és az üzemi rezsiköltség. Az egy eszközre eső munkaerőköltség bármely gyártási művelet esetében a munkabér osztva a gyártási műveleten óránként áthaladt eszközök számával. Azoknak a daraboknak a munkaköltsége, amelyeket hibás voltuk miatt a tételből eltávolítanak egy adott művelet utáni ellenőrzéskor, azokra a darabokra terhelődnek, amelyek jóknak bizonyultak, és így a gyártási tételben továbbra is megmaradnak. A folyamatkihozatal javulása, illetve romlása ezért jelentős hatással van az egyes darabokra jutó költségre.

Ezek a gyakorlati felismerések arra vezettek, hogy a félvezető gyártók az utóbbi néhány esztendőben jelentős mértékben növelték a szeletgyártás és a szerelés (ez a két művelet igen fontos a félvezető gyártásban) minőségét. Az így kialakított minőségügyi rendszer kihozatalnövekedést eredményezett, ez pedig nemcsak kiegyenlítette a minőség-növelésre fordított anyagi befektetések költségét, hanem a jobb minőség és a nagyobb kihozatal révén nyereséget is eredményezett.

Az anyagköltség tartalmazza a szeletgyártásból kikerülő chipek költségét (természetesen ennek részben munkaerőköltség vonzata is van), a tokozási és a szerelési anyagok költségét, valamint a feldolgozás és a szűrés során felhasznált kémiai anyagok költségét is. Hasonlóan a munkaerőköltséghez, a kiselejtezett és visszautasított darabok anyagköltsége átterhelődik a jóknak megmaradt eszközre.

Az üzemi rezsiköltség számos közvetett költségből áll, amelyet arányosan kell vetíteni a közvetlen munkabérre, hogy az összes költséget meghatározhassuk. Az üzemi rezsiköltség tartalmazza az egyes részlegek ellenőrzési (felügyeleti) költségét, a berendezések értékcsökkenését, az üzemi épületrész bérleti díját (költségét) és a karbantartási költséget, az alkalmazottak társadalombiztosítási járulékát és a közmű költségeket.

Mivel a félvezető ipar nagyon tőkeigényes ipar, amelynek területén a berendezések elavulása gyorsan megy végbe, az üzemi költség az eszköz összes költségének nagy hányadát képezi. A félvezető gyártók olyan

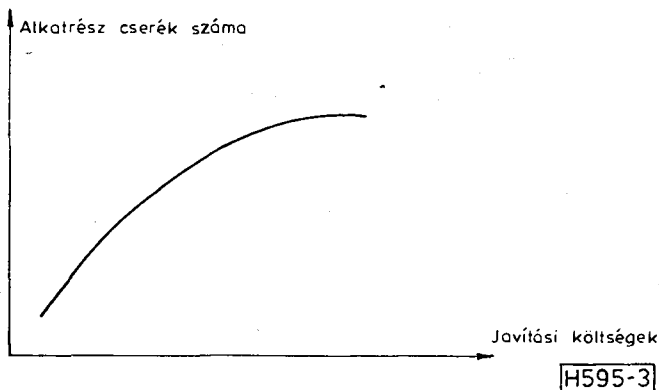
költségelemző rendszert dolgoztak ki, amely az árképzést a tényleges költségekre alapozva végzik el. Az így kialakított ár azonban nemcsak a már említett költségeket foglalja magába, hanem a kutatás-fejlesztés kiadásait és a kereskedelmi költségeket is. Ezen túlmenően figyelembe kell venni az általános kiadásokat és az adminisztrációval járó költségeket is, valamint a nyereség kívánatos mértékét. Az eladási ár egyedüli könnyen kézben tartható része a nyereség.

A fokozott mértékű szűrés költsége, amely lehetővé teszi a rejtett hibás termékek eltávolítását a tételből, hozzájárul az eladási árhoz, mivel a további munkabér kiadásokat, továbbá berendezés üzemi költségeket jelent. Ezt az ár-növekedést azonban kiegyenlítik azok a megtakarítások, amelyeket a felhasználói költségekben érnek el az eszköz megvásárlói.

### 4. A rendszer javítási költségei az üzemeltetés során

A rendszerek (berendezések) gyártói nagyon gyakran figyelmen kívül hagyják az alkatrészekre vonatkozó megbízhatósági követelmények meghatározása során a rendszer javítási költségeit. Ennek oka abban keresendő, hogy a javításokat csak a távoli jövőben végzik el, amikor a rendszer tervezésének és szerelésének problémáit már régen megoldották. Az emberi gondolkodásból adódik, hogy a közvetlen napi feladatokat oldják meg és nem gondolnak a jövőre. Egy óvatos és éber alkatrészfelhasználónak azonban meg kell vizsgálnia a rendszer javítási költség különböző tényezőit. Ezeknek a tényezőknek az értékváltozása a teljes rendszer alkatrész vonatkozású költségeinek a megváltozását eredményezi. Nyilvánvaló, hogy rövidebb rendszer-élettartam alatt kevesebb alkatrészt kell cserélni meghibásodás miatt. Napjainkban azonban az irányzat az, hogy a rendszereket hosszabb élettartamra tervezik. A rendszerben felhasznált alkatrészek száma 50 %-kal csökkenthető azáltal, hogy bonyolultabb alkatrészeket építenek a rendszerbe. Ez azonban nem vezet 50 %-os költségcsökkenéshez. A bonyolultabb integrált áramkör megbízhatósága (MTBF-je) természetesen kisebb, mint egy azonos technológiával előállított, kevésbé bonyolult eszközé. Ennek ellenére azonban a rendszer megbízhatóságában (MTBF-jében) növekedés érhető el a bonyolultabb félvezető eszközök alkalmazásával. Az alkatrészek cseréjének költsége (beleértve a rendszer állásidejének költségét is) általában rögzített. Az alkatrészek cseréje helyetti kártyacserék általában csökkentik az állási időt, de az egyes eltávolított kártyákat ki kell javítani, majd vissza kell küldeni a tartalékkészlet raktárba.

A csere költségei egyetlen helyen csökkenthetők hatásosan, ez pedig az 1. ábrán látható képlet MTBF tagja. Ha az MTBF 50 %-kal nő, akkor a csere költségei ebben a képletben (ld. utolsó tag az összegben) közel 50 %-kal csökkennek. A csere költségeinek és a cserélt alkatrészek számának összefüggését a 3. ábrán



3. ábra. A cserék költségfüggése

láthatjuk. Mivel az üzemi rezi költségek állandóak (ide soroljuk a vizsgáló eszközök karbantartási költségét, stb.) az egyes alkatrészeire eső csere költsége meredekebben növekszik, mint a cserélt alkatrészek száma.

### 5. A rendszer gyártása soráni javítás költségei

Ha egyetlen alkatrészt sem cserélnének a rendszer összeállítása (szerelése) és vizsgálata során, akkor a berendezésgyártónak nem lenne szüksége olyan rendelések feladására, amelyek a szerelés és vizsgálat alatt meghibásodott alkatrészek pótlására szolgálnak. Nyilvánvaló azonban, hogy ez esetben is fel kell adni többlet rendelést, mivel az alkatrészek tárolása és kezelése során azok károsodást szenvedhetnek. Ezek a meghibásodások azonban már függetlenek a megbízhatósági szinttől és a legtöbb alkatrészgyártó olyan programokat vezet be, amelyek gyakorlatilag kiküszöbölik az ilyen jellegű hibákat. Ilyen például a Zéró Hiba Program. Fel kell hívni a figyelmet, hogy a megbízhatóság az időben változó minőségi tulajdonságukat jellemzi, ugyanakkor a kezdeti minőség, azaz a *megfelelőség*, a termék kibocsátása, illetve átvétele során kezdeti tulajdonságokat írja le. A minőségnek tehát ebben a felsorolásban két összetevője van; a kezdeti minőség (megfelelőség) és a megbízhatóság. A két összetevő közötti mennyiségi összefüggés a későbbiekben ismertetendő minőségi tényezővel írható le. Ez a tényező az alkatrész minőségtanúsításának eredményeként a különböző osztályokhoz hozzá rendel egy értéket, amely megadja, hogy az adott minőségi osztályokhoz tartozó alkatrész MTBF-je, hányszorosa a kereskedelmi minőségi osztályba tartozó alkatrészeknek. Így az alkatrészek kezdeti minőségének (megfelelőségének) ellenőrzésére szolgáló vizsgálatok és szűrővizsgálatok nem szigorú értelemben vett megbízhatósági vizsgálatok, amelyek eredményeként időjellegű mutatók származtathatók. Ugyanakkor nagyon nehéz éles elválasztó vonalat húzni a megfelelés és a megbízhatóság közé. Például a rendszer szerelése és vizsgálata során előforduló alkatrészhibák általában a kezdeti minőségre vonatkoztathatók és PPM (Parts Per Million = Egy Millió Alkatrészeire Vonatkoztatott Hiba-

szám) értékkel fejezhető ki. A gyártás során előforduló javítások költsége, amely az 1. ábrán látható összefüggés második tagja, hasonló jellegű, mint a 3. ábrán látható üzemi javítási költségek függvénye.

### 6. A vizsgálati költségek és a rendszerköltségek közötti kapcsolat

Nyilvánvalóan látszik, hogy az alkatrészek szűrővizsgálati költségei a rendszer javítási költségei (a gyártási összeszerelés és az üzemeltetés alatti javítások költségei) között fordított arányossági kapcsolat van. Ha az egyik növekszik, akkor a másik csökken. A célkitűzés egy szűrővizsgálati sorozat megválasztásában abban rejlik, hogy meg kell találni azt a függvénypontot, amelyre teljesül, hogy

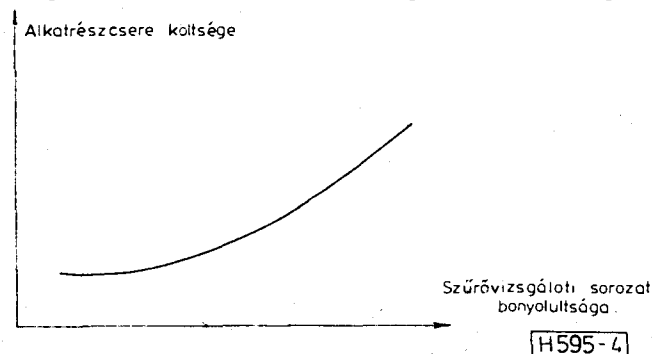
$$\boxed{\begin{array}{l} \text{A VIZSGÁLATI} \\ \text{KÖLTSÉGEK} \\ \text{ÖSSZEGÉBEN BEKÖ-} \\ \text{VETKEZETT VÁLTOZÁS} \end{array}} = \boxed{\begin{array}{l} \text{A JAVÍTÁSI KÖLTSÉGEK} \\ \text{ÖSSZEGÉBEN BEKÖVET-} \\ \text{KEZETT VÁLTOZÁS} \end{array}}$$

$$\Delta \Sigma c_v = \Delta \left( c_{j1} H + c_{j2} \frac{L}{M} \right)$$

Megjegyzendő, hogy sem a javítási költségek nem csökkennek állandó meredekséggel, sem a vizsgálati költségek nem növekednek állandó meredekséggel. Sok szűrővizsgálat, így például a hőntartás és a hőciklusvizsgálat könnyen elvégezhető nagy darabszámban is és ez csak csekély vizsgálati költséget jelent az alkatrész árában. Az előzetes vizsgálatot és a belső vizuális ellenőrzés minden alkatrészen el kell végezni ugyan, azonban még ez is csak mérsékelt alkatrész ár-növekedést eredményez. A részecske zajvizsgálat azonban már igen időigényes és jelentős növekedést eredményez az egy alkatrészeire vetített költségekben.

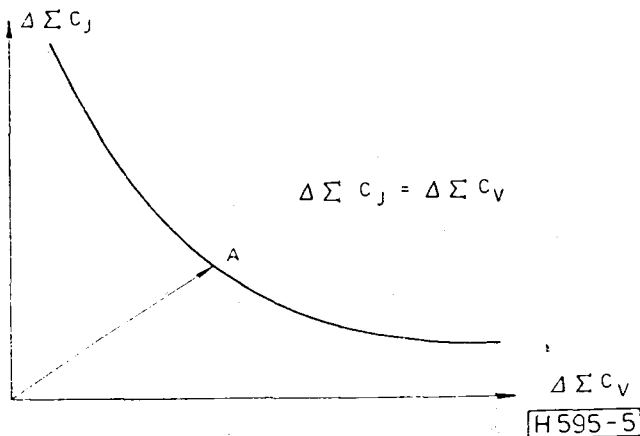
A szűrővizsgálati költségek részletes tárgyalása előtt vegyük figyelembe a 4. ábrát, amely megadja, hogy egy alkatrészeire eső vizsgálati költség logaritmikusan növekszik a szűrővizsgálati sorozat bonyolultságának függvényében.

Az előzőekben közölt egyenletre vonatkoztatva megállapítható a 4. ábrán látható görbe meredeksége



4. ábra. A szűrővizsgálatok költségfüggése

$(\Delta \Sigma c_v)$  növekszik a szűrővizsgálatok bonyolultságával, ugyanakkor a 3. ábrán látható javítási költség görbe meredeksége  $(\Delta \Sigma c_j)$  csökken az alkatrészcserek számával. Az előző képlet abban a görbe pontban teljesül, amelyben  $\Delta \Sigma c_j = \Delta \Sigma c_v$ . Ezt jobban illusztrálja az 5. ábra, amely megadja a javítás költségeinek változását a vizsgálati költségek összege változásának függvényében. Az 5. ábrán látható „A” pontban teljesül az



5. ábra. Költségegyensúly változása

egyenlőség. Az 5. ábrából látható, hogy a kevésbé költséges szűrés meredekebb javítási költségcsökkenést eredményez. Így például a viszonylag olcsó, az ipari minőség egyik osztályát jellemző szűrővizsgálat  $\pi_0 = 5,0$  minőségi tényezőt eredményez, amely ötszörös MTBF javulást idéz elő. Ugyanakkor egy költséges szűrővizsgálati sorozat már csak kisebb mértékű javítási költségcsökkenést eredményez. Például egy  $\pi_0 = 2$  értékhez tartozó szűrővizsgálat csak kétszeres MTBF javulást idéz elő. Az „A” pontban a két költségváltozás egyenlő, ez az optimális szűrővizsgálati pont.

### 7. Az MTBF (vagy a $\lambda$ -faktor) meghatározása

Az MTBF (a meghibásodások közötti átlagos működési idő) a  $\lambda$ -faktor (a meghibásodási ráta) reciproka exponenciális működési idő eloszlás esetében. Az alkatrészek meghibásodási rátájának előrejelzett értékét  $10^{-6}/\text{óra}$  egységekben a [7] kézikönyv adja meg a különböző alkatrész kategóriákra (integrált áramkörök, diszkrét félvezető eszközök, ellenállások, kondenzátorok, stb.). Az előrejelzési modellt integrált áramkörök

$$\lambda_p = \pi_Q \times (C_1 \times \pi_T + C_2 \times \pi_E)$$

Előrejelzett meghibásodási ráta  $10^{-6}/\text{óra}$  egységben

Minőségi tényező

IC bonyolultsági meghibásodási ráta

Hőmérséklet gyorsítási tényező

Tokozási bonyolultsági megh. ráta

Alkalmazási környezet

$\pi_Q = 0,25$   
(katonai minőség)  
(S minőségi osztály)  
 $\pi_Q = 1,0$   
(ipari minőség, B minőségi osztály)  
 $\pi_Q = 2,0; 4,0$   
(ipari minőség kevésbé szigorú B-1, B-2 minőségi osztály)

$C_1 = 0,01 \cdot 10^{-6}$  óra  
lineáris eszközre - 100 tranzisztor esetén

lineáris IC-re  
 $T_1 = 35^\circ\text{C}$   
réteg hőm-re  
 $\pi_{T_1} = 0,23$   
 $T_2 = 110^\circ\text{C}$ -ra  
 $\pi_{T_2} = 27,0$

Hermetikus tokozás, 8 kivezető  
 $C_2 = 0,02 \cdot 10^{-6}/\text{óra}$

$\pi_E = 0,38$   
laboratóriumi környezet,  
 $\pi_E = 13$   
rakéta környezet

6. ábra. Meghibásodási ráta előrejelzési modellje

H 595-6

esetében a 6. ábrán láthatjuk. Az előrejelzési modelleket a rendszer minden alkatrészére kiszámítva, megkapjuk a rendszer meghibásodási rátáját úgy, hogy soros rendszer (egy elem meghibásodása a rendszer meghibásodását okozza) esetében az alkatrészek meghibásodási rátáit összeadjuk, a rendszer MTBF-je ennek az értéknek a reciproka lesz.

Számítsuk a lineáris IC meghibásodási rátáját két különböző esetben: a) földi laboratóriumi környezet,  $\pi_Q = 2,0$ -vel jellemzett ipari minőségi osztály; b) rakéta környezet,  $\pi_Q = 1,0$  minőségi tényező. Az első esetben  $T_1 = 35^\circ\text{C}$ , a másodikban  $T_2 = 110^\circ\text{C}$ .

$$a) \lambda_p = \pi_Q / c_1 \pi_T + c_2 \pi_E = 2,0 / 0,01 \cdot 0,23 + 0,002 \cdot 0,38 / = 0,00612 \cdot 10^{-6} / \text{óra}$$

$$b) \lambda_p = 1,0 / 0,01 \cdot 27 + 0,002 \cdot 13 / = 0,296 \cdot 10^{-6} / \text{óra}$$

Az első esetben egy lineáris IC MTBF-je a következő:

$$\text{MTBF} = \frac{1}{\lambda_p} = \frac{1}{0,00612 \cdot 10^{-6}} \text{óra} = 163\,400\,000 \text{óra},$$

a második esetben az MTBF

$$\text{MTBF} = \frac{1}{0,296 \cdot 10^{-6}} \text{óra} = 3356\,000 \text{óra}.$$

Ha a soros rendszer 10.000 azonos alkatrészből állva (egyszerűsítő feltevés), akkor a rendszer MTBF-je

$$\frac{163\,400\,000}{10\,000} = 16\,340 \text{óra lenne az a) esetben.}$$

Ha ezt a rendszert két évig kívánjuk működtetni (17 520 óra), akkor mindössze egy javítást kellene elvégezni átlagosan, így már a  $\pi_Q = 2,0$  minőségi tényezőjű ipari osztályba tartozó alkatrész alkalmazása is megfelelő megbízhatóságot nyújt. Ha magasabb minőségi osztályú ( $\pi_Q = 1$ ) eszközöket használunk fel, az MTBF 2-szeresére növekedne.

A második esetben tegyük fel, hogy 1000 alkatrészből áll a rendszer (ismét egyszerűsítő feltevással élünk),

$$\text{ekkor a rendszer MTBF-je } \frac{3\,356\,000}{1000} = 3356 \text{óra}$$

lenne. Ez ugyan megfelelő megbízhatóság egy rakéta esetében, mivel a rendeltetés szerinti felhasználás ideje néhány perc. Azonban ennek a rendszernek a javítási költségét nem lehet alapul venni, mivel ha a rakétát kilőtték, az már nem javítható. Ezért egy alkatrész-meghibásodás következménye az, hogy a rakéta is megsemmisül, tehát a rakéta teljes költsége jelentkezik ekkor veszteségként. Ebben az esetben tehát a szűrést nem lehet alkalmazni az MTBF növelésére. Ekkor tartalékolási módszerekkel javítható a megbízhatóság.

## 8. Beszerzési költségek

A beszerzési költségek egyik fontos, de gyakran figyelmen kívül hagyott területe a rendszergyártójának beszerzéssel kapcsolatos járulékos költségei. Így például

egy megrendelés elküldésével kapcsolatos költségek, a megrendelés figyelemmel kísérésének és ügyintézésének költsége addig, amíg az alkatrészt valóban leszállítják, átvesszik és a beérkezett árut a gyártó telephelyére nem irányítják és végül a számlát kifizetik a beérkezett anyagért. Ezek a költségek vásárlási megrendeléseknél nem változnak. Körülbelül azonosak akár 20 darab alkatrészt, akár 20000 darabot rendelünk meg. Azonban van néhány olyan szabályozó szempont, amelyet gyakran elhanyagolnak.

Az első az, hogy lehetséges a felhasználó részéről a feladott vásárlási rendelések számának szabályozása. Ha 1200 alkatrészt egy tételben rendelünk, vagy 200 alkatrészt rendelünk hat alkalommal, akkor nyilvánvalóan az utóbbi, egyenkénti rendelés jelentősen többbe kerül (még ha figyelmen kívül hagyjuk azt, hogy egy alkatrészt eső költség változhat a rendelés nagyságával, ezt később tárgyaljuk). Ha egy gyártó egy évre biztosítja előre szükségleteit, nyilvánvalóan jelentős belső megtakarítást ér el. Ugyanakkor meg kell jegyezni, hogy a megtakarítások egy részét arra kell majd fordítania, hogy a nagyobb raktárkészletek költségeit fedezze. Nagyobb projektek (például repülőgép fejlesztési programok) esetében szokásos, hogy összehangolt beszerzési programot hoznak létre, amelynek során, vagy a fővállalkozó vásárolja meg összes alvállalkozója részére a szükséges alkatrészeket, vagy lehetővé teszi, hogy az alvállalkozók csatlakozzanak a fővállalkozó rendeléseihez. Mindkét esetben a rendszer beszerzési költsége csökken, mivel az ismételt tárgyalások, a többszörös ügyintézés és ellenőrzés költségeit kiküszöbölik.

A második terület, amely költséges pénzügyi tétel, az egyedi – nem szabványrendszerbe (például IEC, MIL, stb.) tartozó előírások elkészítése és folyamatos karbantartása. Jelentős munkát és kutatást igényel az előírások elkészítése. Az előírások példányait el kell küldeni az összes lehetséges szállítónak és a szállítók által kezdeményezett eltéréseket meg kell tárgyalni, majd össze kell hangolni. A már említett általános előírásoknak (például a MIL-STD-38510-nek [1]) az az előnye, hogy a felhasználónak nem kell folyamatosan felülvizsgálnia és karbantartania költséges előírásait, mivel azokat az általános előírások készítői folyamatosan aktualizálják. Az a berendezés, hogy miért kell 2 X árát fizetnie azért az eszközért, amely minősített, holott X árért kapna a saját előírásának megfelelő terméket, nyilván nem vizsgálta meg, hogy mibe kerül az előírás készítése és így a vásárolandó tételre vonatkozó költségek megnövelik az egyes alkatrészek árát. Ez a gyártó azt sem elemezte, hogy különbség van az általános előírás szerint rögzített termék megbízhatósága és a saját előírás szerinti termék megbízhatósága között. Nem lehetséges ugyanis azonos megbízhatóságú és minőségű eszközt ugyanazért az árért megkapni, mint az általános előírásoknak megfelelően minősített terméket. A gyártó az általános előírásokból adódó adminisztrációs

költséget több tízezer eszközre tudja terhelni, ugyanakkor a saját előírása szerint rögzített, nem szabványos termék költségeit csak néhány eszközre terhelheti. Így esetleg azonos szűrés esetében sem tud olyan alacsony költséget elérni, mint egy minősített termék esetében.

A harmadik terület, ahol a beszerzéssel kapcsolatos járulékos költségek csökkenthetők, az alkatrészek beszerzési forrásainak ellenőrzése. Ekkor az ellenőrzés minősített termékek esetében az általános előírásoknak való tanúsított megfelelésre hagyatkozik, nem kell külön ellenőrzés. Koordinált programok esetében pedig elegendő forrásonként egy-egy ellenőr a feladat elvégzéséhez.

A költségek kézben tarthatók az idegenárú ellenőrzés területén is. Például ha egy a gyártó telephelyén lévő ellenőr tanúsítja a gyártó alkalmasságát a végellenőrzés elvégzésére, akkor ezeket a végellenőrzési vizsgálatokat és méréseket nem kell megismételni a felhasználó idegenárú ellenőrzése során. Az idegenárú ellenőrzést úgy lehet ezen túlmenően gazdaságossá tenni, hogy az ellenőrzésnek különböző szigorúságú fokozatait különbözteti meg a berendezésgyártónak az idegenárú ellenőrzése. Megbízható szállító esetében csak enyhített mintavételes ellenőrzést végez, nem állandó minőségű terméket szállítók esetében pedig szigorított mintavételes vizsgálatot, illetve mintadarabos ellenőrzést alkalmaz. Ezekhez az ellenőrzési-átvételi eljárásokhoz tartozik a közvetlen raktárra szállítás (ellenőrzés nélkül), illetve a felhasználandó anyagoknak közvetlenül a gyártó sorra való eljuttatása is. Gyakran alkalmazzák az ún. tétel-elhagyásos mintavételt. Ez azt jelenti, hogy pozitív mintavételes eredmények sorozata alapján megszüntetik a tételenkénti mintavételes ellenőrzést és csak hosszabb tételsorozatuként, például minden 10. tétel után ellenőriznek. Ha azonban egy tételt visszautasítanak, akkor visszaállnak a tételenkénti ellenőrzésre addig, amíg egymásután elegendő számú tételt megfelelőnek minősítenek, azaz a szállító által felajánlott minőség ismételten állandósult és jónak bizonyult. Másik eljárás az idegenárú ellenőrzés során, hogy több paramétert vizsgálunk és az ellenőrzési tervet egy többszörös mintavételi szint szerint állítják össze. Ekkor az ún. csoportos ellenőrzést végzik, amelynek során ugyanazokat a mintadarabokat több paraméterre vonatkozóan ellenőrzik. Az eljárásból adódik, hogy a mintanagyság csökkenthető, azonban a nagyobb vizsgáló- és mérőeszköz parkra való berendezkedés nagyobb berendezés-költséget jelent. Így lehet, hogy 75 %-os mintanagyság csökkenés csak 10 %-os vizsgálati költségcsökkenést eredményez.

## 9. A félvezető eszközök szűrésének költségei

Ez az a költségterület, amelyre igen nagy figyelmet kell fordítani az alkatrész felhasználójának. Számos olyan tényező befolyásolja az alkatrészárát, amelyet

nagyon gyakran nem vesznek számításba. Ha a gyártó valamilyen vizsgálatot elvégez, akkor a termék eladási árában jelentkező többletköltséget a következő képlettel becsülheti:

$$\text{Többletköltség} = \text{Vizsgálati költség} + \text{Alkatrészérték} \cdot$$

$$\left( 1 - \frac{\text{Kibocsátott mennyiség}}{\text{Összes vizsgált mennyiség}} \right)$$

ahol az alkatrészérték az alkatrész tényleges értéke a szűrés elvégzése előtt, a vizsgálati költség pedig a szűrővizsgálati lépés elvégzésének költsége. Ez a többletköltség egy alkatrészre vonatkoztatva azt jelenti, hogy a termék gyártási költségéhez és a nyereséghez hozzá kell még adni az egy termékre eső vizsgálati költséget és a kihozattal (ld. a képlet zárójelben lévő szorzója) járó egy termékre eső értékvesztést. Például, ha a kibocsátott mennyiség megegyezik az összes vizsgált mennyiséggel, akkor ez a tag nullával egyenlő. Minél kisebb a kibocsátott mennyiség annál nagyobb ez az értékvesztés. Mivel minden szűrővizsgálati lépés eredménye egy adott kihozatali százalék, ezek a költségek gyorsan növekednek összeadódásuk miatt. A következőkben vizsgáljunk meg néhány olyan tényezőt, amely jelentős hatással van a szűrési költségre.

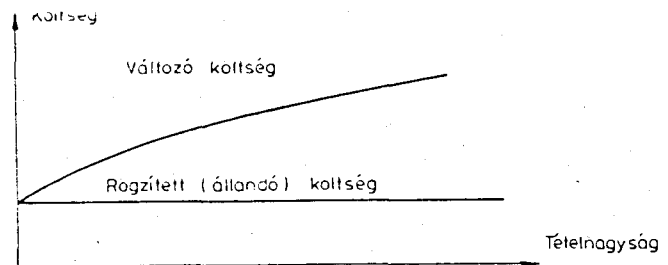
### 9.1 A szűrési költség a tétel nagyság függvényében

Egy adott alkatrésztípus esetén vannak rögzített állandó költségek, amelyek a tétel nagyságtól függetlenek. Így például nem fognak változni a tétel nagyság függvényében a következő tevékenységekkel kapcsolatos költségek:

- a bejövő rendelés feldolgozása;
- a megrendelő előírásának felülvizsgálata;
- olyan belső vizsgálati előírás elkészítése, amely megfelel a megrendelő által támasztott követelményeknek;
- az alkatrésztétel mozgatásának költségei a vizsgálat során.

A 7. ábrán látható, hogy azok a költségek, amelyek az egy darab alkatrészre eső költségeket terhelik, jelentős mértékben eltorzítják kis tétel nagyságú megrendelések esetében az előállított alkatrész árát.

A szabványosítási és minőségtanúsítási programoknak (ilyenek az USA-ban a MIL-38510 szerinti minősítő

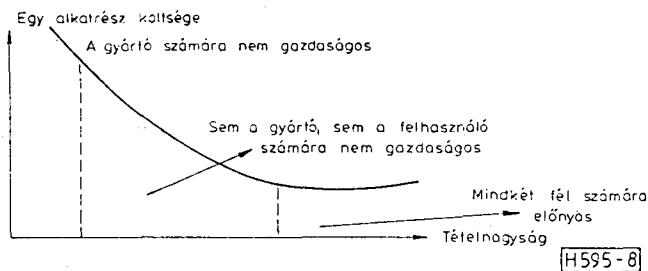


7. ábra. Tétel nagyság és költség

H595-7



mind a gyártó számára, hogy ezeknek a programoknak a keretében, az alkatrészgyártó nagy tételeket (gyakran több tízezer eszközt) állít elő és ezeket azután gazdaságosan tudja szállítani kisebb szállítmánytételben a beérkezett megrendelések alapján a vevőknek. A 8. ábrán látható, hogy a tétel nagyság függvényében hogyan változik az egy alkatrésze jutó vizsgálati költség. Látható, hogy az első szakasz (kis tétel nagyság) a gyártó számára elfogadhatatlan, a második szakasz (közepes tétel nagyság) mind a gyártó, mind a felhasználó számára gazdaságtalan, a harmadik szakasz (nagy tételek) már jó megoldást jelent mindkét fél részére.



8. ábra. Tétel nagyság és gazdaságosság

### 9. 2. A szűrővizsgálati sorozat és a költség

A gyártó azokat a vizsgálatokat végzi el a leg gazdaságosabban, amelyeket már begyakorolt munkaerő hajt végre, tekintettel arra, hogy ezeket a vizsgálatokat szokásosan végzik el. Például a 2. ábrán látható, „B” minőségi osztályhoz tartozó sorozat szokásos, begyakorolt eljárásnak tekinthető és a vizsgálatok elvégzése tanulási görbéjének optimális szakaszát képezi ez a vizsgálati sorozat. Ekkor a vizsgáló személyzet tévedési lehetőségei minimálisak, így a költségek is minimálisak. Ha további vizsgálatokkal egészítjük ki ezt a vizsgálati sorozatot, amely lépések már nem tartoznak a gyártó rutinszerű vizsgálatainak közé, akkor a vizsgáló személyzet ezen a területen már nem begyakorolt, így ezeket a műveleteket már meg kell tanulnia, több hibát követhet el. Ez pedig költségnövekedéshez vezethet, valamint előidézheti a megbízhatóság csökkenését is.

Arra is figyelmet kell fordítani, hogy egyes vizsgálatok – jellegeből adódóan – többet kerülnek, mint más vizsgálatok. A külső szemrevételezés csak egy viszonylag olcsó kisteljesítményű mikroszkóp használatát teszi szükségessé és egy képzett technikus óránként nagy mennyiség ellenőrzését tudja ellátni. A részecske zajvizsgálat azonban már igen költséges hardware eszköz alkalmazását igényli és a vizsgáló – bármilyen képzett is – nem tud nagy mennyiséget megvizsgálni. Így ez utóbbi vizsgálat sokkal költségesebb a külső szemrevételezésnél.

Az elektromos paraméterek mérése nagyon jó példát ad a lehetséges vizsgálati költségek változására. A sztatikus paraméterek szobahőmérsékleten végzett mérése mérőautomatával lehetővé teszi, hogy nagy

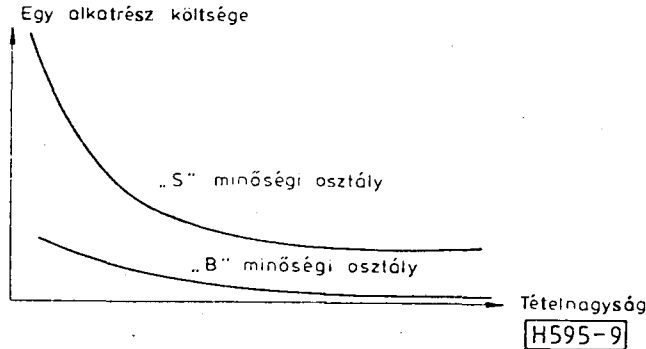
mennyiségben és gyorsan (néhány msec alatt) végzük el a megkövetelt paraméteres és funkcionális vizsgálatot. Ugyanakkor egy olyan vizsgálat, mint például a bemeneti zajfeszültség mérése különböző hőmérsékleteken, már jellegeből következően költséges. Hőkamrát kell ugyanis használni, a mérendő paraméterek pedig érzékenyek olyan külső hatásokra, mint például az alkatrészek a hőkamrán kívül lévő vizsgáló berendezéshez csatlakoztató vezetékek kapacitásértéke és ellenállásértéke. Ez pedig a vizsgálatot nehezzé és lassúvá teszi. Minden egyes alkatrészt kézzel kell mérni, az oszcilloszkópon kijelzett adatokat le kell olvasni és ki kell értékelni. Ezt egy sokkal képzetesebb vizsgáló szakembernek kell elvégezni, mint egy olyan mérést, amelyet egy mérőautomatával lehet végrehajtani.

Ha a vizsgálatokat nem szabványos feltételek között végzük, akkor az jelentős költségtöbbletet jelent. A legtöbb félvezetőgyártó például hőkamráját 150 °C-ra állítja be, amely a MIL-STD-883 és a MIL-STD-38510 (ld. [1], [2]) szerint szabványos hőtartás vizsgálati feltétel. Ha a 200 °C-os hőtartási vizsgálatot kellene végezni egy tétel esetén, akkor a gyártónak minden más gyártást le kellene állítania és hőkamráját 200 °C-ra kellene állítania csak azért, hogy a kamrát kizárólag ennek az egy tételnek vizsgálatára használja előírt ideig. Ezt követően pedig a hőkamrát vissza kell állítani 150 °C-ra és újra kell hitelesíteni azt 150 °C-ra. Nyilvánvaló, hogy ez nem gazdaságos. Ugyanilyen megállapítások igazak az előégetés (burn-in) és a hőciklusvizsgálatokra is. Így például, ha a meghibásodási mechanizmusok fellépnek 70 °C és 125 °C hőmérsékleten, gazdasági okok miatt a legtöbb szállító (gyártó) 125 °C-on végzi el a burn-in vizsgálatokat azokon az eszközökön is, amelyekre 70 °C hőmérsékletű előégetést írnak elő. Ez utóbbi esetben ugyan több lesz a hibás alkatrészek száma, az azonban kevésbé költséges, mint a burn-in berendezés átállítása.

A szokásostól eltérő gyártási folyamatok nem gazdaságosak. A gyártó rendszerint gyártósorát egy vagy két gyártási folyamatra állítja be. Ezeket a gyártási folyamatokat a dolgozók megismerik és begyakorolják, a gyártás zökkenésmentesen folyik, a költségek csökkennek. Ha egyedi tétel gyártására kerül sor, amelynek előállítása eltér a szokásostól, az megszakítja a gyártás már jól bevált menetét. Az ebből adódó költségeket a gyártó automatikusan a felhasználóra hárítja át.

Említést kell tenni arról is, hogy különbségek vannak a „B” és „S” minőségi osztályokhoz tartozó szűrővizsgálatok (ld. 2. ábra) költségei között. A 9. ábrán látható, hogy miként változik az egy alkatrésze eső költség különböző tétel nagyságok esetében. A kezdeti pont ezeken a görbéken azokra a tétel nagyságokra vonatkozik, amelyek minimálisan szükségesek ahhoz, hogy a szűrővizsgálatokat egyáltalán el lehessen végezni. Természetesen az összes tétel költség egy alkatrésze eső része is szerepel a 9. ábrán. A két görbe adatai között lényeges különbség van. Megjegyzendő, hogy

ezek csak azok a költségek, amelyeket az alkatrészgyártó a felhasználóra hárít át, nem tartalmazzák a felhasználó saját költségeit, amelyek valószínűleg szintén nagyok adódnak, például ebből következőleg, hogy egy katonai minőségű („S” osztályú) alkatrész sokkal szélesebb körű dokumentációt igényel a felhasználó telephelyén és magasabb lesz a helyszíni ellenőrzés költsége is.



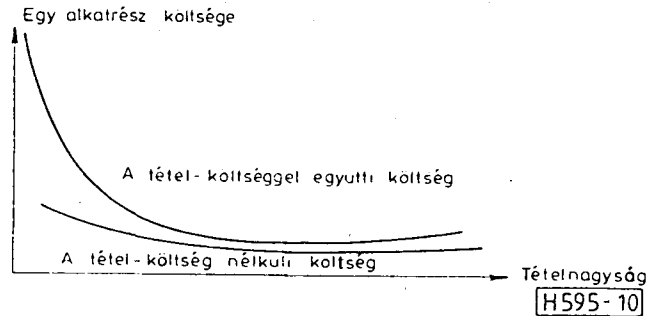
9. ábra. Minőségi osztály, tétel nagyság és költség

Az elektromos paraméterek szerinti válogatás költség kihatását gyakran szintén nem veszik figyelembe. A tervezőmérnökök néha az eszközökkel szembeni követelményeket úgy szigorítják, hogy a rendszer által támasztott igényeket messze túlhaladják. Gyakran feltételezik azt is, hogy ez a paraméterek szerinti válogatás 90 %-os kihozatal esetén az alkatrész-alapárak 10-15 %-os növekedést eredményezi. Ez hibás feltételezés, mivel a szűrés költségei teljesen függetlenek az alapártól és ekkor azt sem veszik figyelembe, hogy minden szűrővizsgálati lépés után megváltozik az az érték, amelyre a válogatás költségét vonatkoztatni kell. A 90 %-os kihozatalt eredményező elektromos paraméterek szerinti válogatás függően attól, hogy milyen szűrővizsgálati lépés után végezzük 15-40 %-os költségnövekedést és így árnövekedést eredményezhet a szűrés utáni alkatrészárakra vonatkoztatva. Ha a megrendelt alkatrész mennyiség kicsi, akkor ez a tétel nagyságra vonatkozó megfontolások miatt további árnövekedéshez vezethet. Ezen túlmenően a speciális vizsgálatokra való felkészülés, a vizsgálat és a vizsgálatához szükséges eszközök költségeit is figyelembe kell venni az alkatrész árának kialakításában.

### 9.3 A tételre vonatkozó vizsgálatok költségei

A szűrővizsgálatok elvégzése után ellenőrizni kell a tétel hibaszintjét. Ezért olyan ellenőrző vizsgálatokat kell elvégezni, amelyek alapján a tételt megfelelőnek minősítik, vagy pedig visszautasítják azt az ellenőrzés adatai alapján. Ez pedig további költségkihatást jelent, mivel a tétel visszautasításával járó kockázati tényezők növelik az árat egy olyan taggal, amelyben a visszautasított tételek százaléka szerepel. A szűrési költséget így ezekkel a tételre vonatkozó költségekkel együtt kell kiszámítani és meg kell határozni az egy alkatrész-

re jutó költséget is. Ez látható a 10. ábrán a tétel nagyság függvényében. Az a felhasználó, amely igényt tart ezekre a megfelelőség-ellenőrző tételvizsgálatokra, tudomásul veszi, hogy ez költségeit jelentősen megnöveleli.



10. ábra. Tétel nagyság, tétel költség és egy alkatrész költsége

### 10. További szűrővizsgálatok költségének elemzése

Több esetben az eszköz gyártásának kiforratlansága, vagy bonyolultsága miatt az előrejelzési számítások arra utalnak, hogy további szűrővizsgálatokat kell elvégezni megbízhatósági célok (MTBF értékek) elérése érdekében. Ahhoz azonban, hogy milyen további szűréseket kell elvégezni, a MIL-HDBK 217 kézikönyv [7] nem nyújt segítséget, mert nem adja meg az egyes szűrővizsgálatokhoz tartozó minőségi tényezőket, valamint azt sem közli, hogy mibe kerül egy-egy vizsgálat. Az alkatrész felhasználójának kell döntenie arról, hogy milyen további gazdaságos elvégezhető vizsgálatokkal kívánja biztosítani a megbízhatósági célértéket.

A következőkben azt a képletet alkalmazzuk, hogy a vizsgálatok összes költségnövekményének, azaz  $\Delta\Sigma C_v$ -nek és az összes javítási költség csökkenésnek, azaz  $\Delta\Sigma C_j$ -nek egyenlőnek kell lennie (illetve a vizsgálati költségnövekedés nem haladhatja meg a javítás költségcsökkenést). Példaként tekintsük a következő esetet (ez illusztrációs példa így a benne szereplő számadatok az eljárás megvilágítására szolgálnak, nem alkalmazhatók közvetlenül más gyakorlati esetekben): a rendszer egy adott integrált áramkör típusból 2000 darab eszközt tartalmaz, egy áramkör meghibásodása esetén a rendszer javítási költsége – a kiesés miatti állási veszteséget is figyelembe véve – 30 000 Ft. A rendszer tervezett élettartama 24 000 óra (közelítőleg 3 év), a rendszer MTBF értéke 3000 óra. Így a rendszer tervezett élettartama alatt 8 meghibásodás fordul elő, azaz az összes javítási költség 240 000 Ft. Ha a rendszer MTBF értékét további szűréssel 400 órára növelnénk, akkor az élettartam alatt csak 6 meghibásodás fordulna elő és így a javítások költsége 180 000 Ft-ra csökkenne. Ez azt jelenti, hogy a javítási költség csökkenése  $\Delta\Sigma C_j = 60 000$  Ft. Így a további vizsgálat akkor gazdaságos, ha annak költségnövekményére az teljesül, hogy

$$\Delta\Sigma C_v = 60 000 \text{ Ft.}$$

Ha az adatok azt mutatják, hogy egy előégetés elvégzése az MTBF-t 4000 órára növeli és az egy alkatrészre eső vizsgálati költség 30 Ft, akkor 2000 eszköz esetében

$$\Delta \Sigma C_v = 2000 \times 30 = 60\,000 \text{ Ft}$$

azaz a feltétel teljesül. Ezzel azonban nem fejeződik be a felhasználó költségelemzése. Például az adódik, ha egy mikroszkopikus szemrevételezéses ellenőrzés sokkal olcsóbban végezhető el, (eszközóránként 15 Ft költséggel), akkor

$$\Delta \Sigma C_v = 2000 \times 15 = 30\,000 \text{ Ft}$$

költségű vizsgálat biztosíthatja az MTBF = 4000 órás érték elérését.

## 11. Következtetések

A félvezető eszközök adott megbízhatósági szintjének biztosítására az eszközök felhasználójának meg kell határoznia azokat a költségtényezőket, amelyek mellett gazdaságos és hatékony a szűrővizsgálatok elvégzése. Az eszközt felhasználó berendezésgyártónak ennek a döntésnek az alkalmával figyelembe kell vennie a következő tényezőket: az eszköz gyártásának ki-

forrottsága, az eszköz minőségi osztálya és megbízhatósága közötti összefüggés, a szokásos szűrővizsgálati eljárások és az ezektől eltérő vizsgálatok költségei közötti különbség. A rendszertervezőnek megbízhatóságnövelő tevékenysége során arra kell törekednie, hogy a vizsgálati költségnövekmény és a javítási költségcsökkenés azonos legyen.

## Irodalom

- [1] MIL-SM-38510: General Specification for Microcircuits (1976)
- [2] MIL-STD-883: Test Methods and Procedures for Microelectronics (1983)
- [3] CECC 90000: Generic Specification for Monolithic Integrated Circuits (1976)
- [4] CECC 00107: Quality assessment procedures (1983)
- [5] IEC 747-10 Publikáció: Generic specification for discrete semiconductor device and monolithic circuits (1984)
- [6] IEC 747-11 Publikáció: Sectional specification for discrete semiconductor devices (1985)
- [7] MIL-HDBK-217E: Reliability Prediction of Electronic Equipment (1986)
- [8] Balogh, A. - Gerlai, M.: Rendszerek megbízhatósági tervezése, Híradástechnika XXXVI. 2. sz. (1985) 70-90 old.

# NÍVÓDÍJASAINK

A HÍRADÁSTECHNIKA SZERKESZTŐBIZOTTSÁGA 1990. július 4-én rendezte meg az idei Nívódíjak átadását.

Évtizedek óta megszokott hagyományos ünnepélyességet teljesen mellőzve a legszűkebb körben gondokkal és nehézségekkel teli jelen idő és a folyóirat jövőbeni sorsa foglalkoztatta a jelenlevőket. Milyen módon tudjuk megteremteni a gyökeresen átalakuló ipari környezetben megújulásra váró szaklapunk gazdasági feltételeit? Világosan látható, hogy jelenleg a kiadók és nyomdák számára nem üzlet a tudományos folyóirat megjelenítése.

Minden nehézség ellenére továbbra is azon kell fáradoznunk, hogy a szükséges támogatást elnyerve a folyóirat megjelenésének folyamatosságát biztosítani tudjuk. Szakembereinket érdekeltté kell tennünk, hogy minél értéke-  
sebb cikkek írásával szolgáljuk iparágunk fejlődését.

Ezekkel a gondolatokkal adta át dr. Tófalvi Gyula főszerkesztő a jutalmazásra érdemesnek ítélt cikkek íróinak az 1989. évi nívódíjakat.

## BHG rovat

Dr. Szépvölgyi Gábor: URH-FM adóberendezések (1989/6. szám)

Dr. Darabos Zoltán: A szolgáltatások szerepe (1989/9. szám)

Dr. Szabó Pál –

Szabó Zoltán: TV IV-V. sávi adóantenna-rendszerek (1989/10. szám)

## TKI rovat

Dr. Fülöp Tamás: Kapcsolt kapacitású áramkörök offset – érzéketlen realizálása (1989/6. szám)

Dr. Elekes József: Transzmultiplexerek tervezési problémái (1989/2. szám)

Dr. Ladvánszky János –

Dr. Frigyes István: Nemlineáris mikrohullámú áramkörök teljesítményillesztése (1989/3. szám)

## MEV rovat

Hosszú Gábor: Módszerek a nagy bonyolultságú IC-k kihozatalának becslésére a gyártási eljárás szimulációjával (1989/8. szám)