

# Mikroelektronikai eszközök megbízhatósági vizsgálatai a MEV-ben

DR. BALOGH ALBERT—GÖBLÖS IMRE—  
VÁRADI ISTVÁN  
Mikroelektronikai Vállalat



DR. BALOGH  
ALBERT

## ÖSSZEFOGLALÁS

A tanulmány áttekintést ad a MEV-ben alkalmazott megbízhatóság-vizsgáló módszerekről. Ismerteti a rendelkezésre álló vizsgáló berendezéseket. Összefoglalja a megbízhatósági adatok értékelésének és közlésének módszereit. Vákolja a berendezések megbízhatóságának számítási eljárását alkatrészadatok felhasználásával.

## Bevezetés

A mikroelektronikai eszközök minőségbiztosítási rendszerének egyik fontos alkotó része a termékek megbízhatóságának biztosítása és az ezzel kapcsolatos vizsgálati tevékenység.

A Mikroelektronikai Vállalat kialakított általános minőségbiztosítási rendszeréről ad áttekintést az [1] közlemény, amelyben a Vállalat minőségbiztosítással foglalkozó szakemberei összefoglalják az idegenáru-ellenőrzéssel, műveletellenőrzéssel, végellenőrzéssel és jóváhagyással, vizsgálatokkal, selejtelemzéssel, valamint a felhasználókkal való együttműködéssel kapcsolatos legfontosabb módszertani kérdéseket.

A jelen közlemény ehhez az általános tevékenységhez kapcsolódóan kívánja bemutatni a MEV-ben kidolgozott megbízhatóságvizsgáló módszereket, a rendelkezésre álló vizsgáló berendezéseket és az adatközlés legfontosabb szempontjait. Tanulmányunkban a gyakorlati megvalósítást helyezzük előtérbe, azonban közvetlenül támaszkodunk a témakörben megjelentetett tudományos, elméleti kérdéseket tárgyaló publikációkra. A megbízhatósági információk feldolgozását így az általános minőségügyi információs, adatgyűjtő-és feldolgozó rendszerhez illeszkedően kell elvégezni MÁTRAI [2] közleményében kifejtett alapelveknek megfelelően. A gyakorlati munka során felhasználtuk azokat a fizikai-kémiai összefüggéseket leíró modelleket, amelyek egyrészt a gyorsított vizsgálatok tervezéséhez vezetnek (CSORNAI [3]) másrészt a rendszerek megbízhatósági tervezésénél használhatók fel (BALOGH—GERLAI [4]).

A megbízhatósági vizsgálatok matematikai-statisztikai tervezésénél és értékelésénél felhasználtuk a vonatkozó hazai szabványokat [5], [6], [7], [8], [9] és a hazai szakirodalmat is [10]. Ezekre az eredményekre alapozott vizsgálati rendszer gyakorlati tapasztalatait foglalja össze közleményünk. Ez a vizsgálati rendszer megfelel a nemzetközileg elfogadott gyakorlatnak, amely szerint a mikroelektronikai eszközök gyártói megbíz-

matematikus, a műszaki tudomány kandidátusa. 1961 óta foglalkozik az elektronikai alkatrészek megbízhatóságának értékelésével a HIKI-ben, majd 1982 óta a MEV-ben, jelenleg főosztály-

vezető-helyettes. A témakörben több mint 50 publikációt jelentetett meg. 1981-ben az EOQC Quality folyóirat EQ díját kapta meg. A HTE Megbízhatósági és Minőségügyi Bizottságának elnöke. 1976-ban Puskás Tivadar díjat, 1986-ban Pollák-Virág díjat kapott.

hatóság-ellenőrző és értékelő eljárásokat alkalmaznak mind a nyugati országokban (pl. TELEFUNKEN, FAIRCHILD, NATIONAL stb.), mind pedig a szocialista országokban (BNK, NDK, LNK, CsSzSzk, SzU). A vizsgálatok módszereit, a követelményeket és az adatok közlési módját nemzetközi szabványrendszerek [IEC—(11), MIL-előírások (12), valamint KGST szabványok] rögzítik. Ezek kidolgozásában és észrevételezésében a hazai megbízhatósági szakértők a magyar nemzetközi bizottságok tagjaként alkotó módon vesznek részt és érvényesítik a hazai elméleti és gyakorlati tapasztalatokat. A mikroelektronikai eszközök vizsgálatainak eredményeként, nemcsak adott minőségi követelményeknek megfelelő termékeket bocsátunk a felhasználó vállalatok rendelkezésére, hanem olyan eszközöket, amelyek hosszú időtartamig hibamentesen működnek a felhasználó berendezéseiben (ld. 1. fejezet).

A megbízhatóság általános alapelveit az 1. fejezet tárgyalja. Ezek alkalmazásával elvégzett megbízhatósági vizsgálatok céljáról és módszereiről a vállalatunknál rendelkezésre álló vizsgáló berendezéspark rövid áttekintésével kívánunk számot adni a 2. fejezetben.

Ezeknek a berendezéseknek a felhasználásával nemcsak a jóváhagyási vizsgálatok összetételébe tartozó igénybevételi szinteken tudjuk a vizsgálatokat elvégezni, hanem annál jóval szélesebb tartományban is. Ezzel lehetővé válik fokozott megbízhatóságú termékeink megfelelőségi és megbízhatósági szintjének ellenőrzése és igazolása, szűrővizsgálatok elvégzése (ld. 3. fejezet), azok hatékonyságának értékelése, valamint a felhasználó vállalatok által alkalmazott és nem vállalatunk által előállított integrált áramkörök vizsgálatainak elvégzése. Az elvégzett vizsgálatok eredményeit a nemzetközileg elfogadott módszerekkel értékeljük és az adatokat is így közöljük felhasználóinkkal (ld. 4. fejezet).

Beérkezett: 1986. XII. 3.

## 1. A megbízhatóság alapelvei

A megbízhatósággal kapcsolatos alapelvek ismeretésekor először is fontosnak tartjuk annak megértését, hogy milyen kapcsolat van a szűkebb értelemben vett minőség, másképpen megfelelés és a megbízhatóság között. Ez a két fogalom nem azonos, ugyan kapcsolatban vannak egymással. A szűkebb értelemben vett minőség (megfelelés) egyszerűsített meghatározása a következő: a termék azon tulajdonsága, hogy megfelel a felhasználás megkezdése előtt ( $t=0$  időpontban) az előírásokban rögzített követelményeknek. A szűkebb értelemben vett minőséget (a megfelelést) mennyiségileg a hibaszinttel határozzák meg, így követelményként az átviteli hibaszintet (AQL) szokásos megadni %-ban kifejezve.

A termék megbízhatóságának egyszerűsített meghatározása: a termék azon tulajdonsága, hogy adott idejű ( $t$  idejű) felhasználása során megfelel-e az előírásokban rögzített követelményeknek. A megbízhatóságot mennyiségileg a meghibásodási rátával ( $\lambda$ -faktorral) jellemzik, amely az időegységre eső meghibásodási gyakoriságot fejezi ki  $1/\text{óra}$  vagy  $1 \text{ fit} = 10^{-9}/\text{óra}$  egységben.

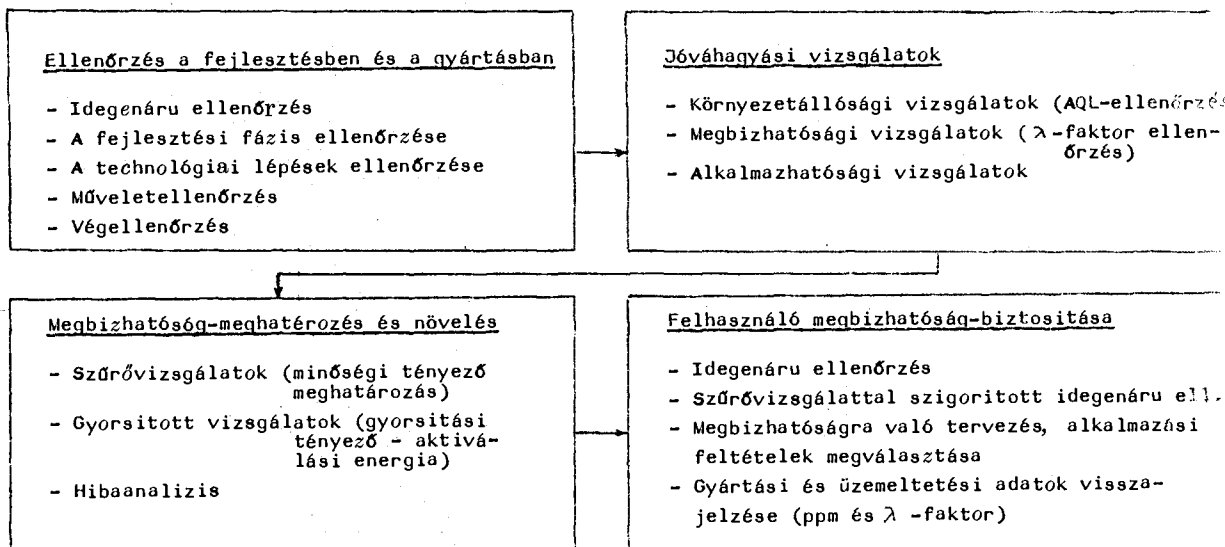
A szűkebb értelemben vett minőség (megfelelés) és a megbízhatóság együttesen alkotja a termék általános értelemben vett minőségét, azaz  $\text{megfelelés} + \text{megbízhatóság} = \text{minőség}$  (általános értelemben).



GÖBLÖS IMRE

villamosmérnök 1964 óta foglalkozik az elektronikai alkatrészek vizsgálati módszereinek fejlesztésével a HIKI-ben, 1982 óta pedig a MEV-ben. Több előadást tartott a témakörben, közel 10 publikációt jelentetett meg. A HTE Alkatrész- és Alapanyag Szakosztályának titkáráként az évenkénti Alkatrész Szemináriumok szervezője. A BME Elektronikai Technológia Tanszék külső előadója. 1987-ben „Puskás Tivadar” díjat kapott.

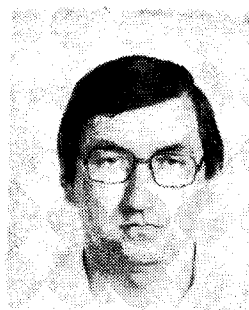
A fentiekből látható, hogy a termék felhasználás előtti megfelelése szoros kapcsolatban van a termék hosszú idő alatti alkalmazása során várható megbízhatóságával. Ez azt jelenti, hogy vállalatunk termékeinek megbízhatóság-biztosítási tevékenysége egyaránt kiterjed a fejlesztés és gyártás szakaszában történő ellenőrzésekre (idegenáru-ellenőrzés, technológiai lépések ellenőrzése, műveletek ellenőrzése, végellenőrzés), a jóváhagyásra (környezetállósági vizsgálatok, megbízhatósági vizsgálatok és alkalmazhatósági vizsgálatok), a megbízhatóság meghatározására és növelésére irányuló tevékenységekre (szűrővizsgálatok, gyorsított vizsgálatok és hibaanalízis), valamint figye-



H 286 - 1

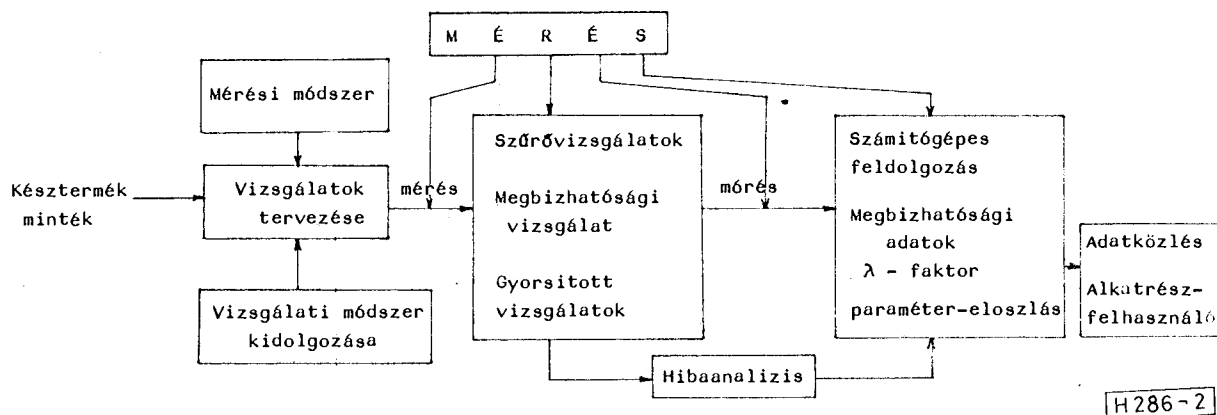
1. ábra. Mikroelektronikai eszközök megbízhatóságának biztosítása

lembe veszi a felhasználó megbízhatóság-biztosító tevékenységét is. A mikroelektronikai eszközök általános értelemben vett megbízhatóság-biztosító tevékenysége az 1. ábrán látható. Az 1. ábrából látható, hogy a megbízhatóság és megfelelés közötti összefüggés minősített eszközök esetében egy arányszámmal jellemezhető, amelyet az ún. minőségi tényező fejez ki (ld. később szűrővizsgálatok). Az 1. ábrán azt is feltüntettük, hogy nagyon lényeges a felhasználó által végzett megbízhatóság-biztosító tevékenység, amelyet előnyösen lehet alkalmazni többek között a felhasználó és



VÁBADI ISTVÁN

villamosmérnök, megbízhatósági szakmérnök 1974 óta foglalkozik a megbízhatósági adatok számítógépes feldolgozásával a HIKI-ben, majd később a MEV-ben, jelenleg csoportvezető. Közel 10 előadást tartott, illetve közleményt jelentetett meg a tématerületről. A HTE Megbízhatósági és Minőségügyi Bizottságának tagja.



2. ábra. Késztermékek megbízhatósági vizsgálatának folyamatábrája

gyártó együttműködésének kialakításában a felhasználó által szolgáltatott, visszacsatolt információk (például ppm-értékek) hasznosítása területén.

A késztermékek megbízhatósági vizsgálatának folyamatábrája (2. ábra) a vizsgálat-tervezéstől a mérésen és igénybevételen keresztül az adatfeldolgozásig és közlésig terjed. A vizsgálati folyamat négy fő részre tagozódik: igénybevétel, mérés, adatfeldolgozás és hibaanalízis.

A megbízhatósági vizsgálatok tervezése során figyelembe vesszük, hogy azok a megbízhatósági mutató ( $\lambda$ -faktor) ellenőrzésére illetve új konstrukciójú termékek esetében annak adott konfidencia szintű meghatározására irányulnak. Mindkét esetben a meghibásodási ráta megkövetelt illetve várt értékéből, valamint a megengedett meghibásodások számából és a konfidencia szintből indulunk ki és ehhez tartozóan határozzuk meg a szükséges eszközóra mennyiséget (mintanagyság és vizsgálati időtartam szorzatát), a nemzetközi (IEC, MIL stb.) szabványoknak megfelelően.

Megjegyzendő, hogy a hibaszint ellenőrzésére irányuló vizsgálatok (klímaállósági és mechanikai vizsgálatok) tervezését az előírt AQL értékeknek megfelelően (egyes esetekben a visszautasítási hibaszintet reprezentáló LQ értékek szerint) tervezzük a minősítéses mintavételi terveket előíró nemzetközi és hazai (MSZ 548) szabványok előírásai alapján.

A meghibásodási ráta ellenőrzésénél és meghatározásánál figyelembe vesszük, hogy a mikroelektronikai eszközök megbízhatósága több technológiai és alkalmazási tényezőtől függ, így a  $\lambda$ -faktor függvénye az eszköz gyártástechnológiájának, a gyártástechnológia kiforrottságának, az eszköz funkciójának, bonyolultságának, tokozásának és a kivezetések számának, az alkalmazott igénybevételi szintnek (rendszerint a réteghőmérsékletnek). A meghibásodási ráta megkövetelt értékének ellenőrzése illetve meghatározása esetén jelentős mértékben számításba kell venni a gyártástechnológiai folyamatokba beépített ellenőrző vizsgálatok szigorúságát, illetve az így kialakított minőségbiztosítási rendszer eredményeként elérhető megbízhatóság-javulást, amely minősített eszközök ese-

tében — szűrővizsgálatok alkalmazásával — 1—2 nagyságrendnyi megbízhatóság-javulást (meghibásodási ráta csökkenést) eredményezhet a kereskedelmi minőségi szinthez viszonyítva. Ennek a javulásnak számszerű értékelése a minőségi tényezővel mérhető, amely a kereskedelmi minőségű és a fokozott megbízhatóságú eszközök meghibásodási rátájának hányadosa. A minőségi tényező tulajdonképpen a mennyiségi kapcsolatot fejezi ki a minőség (megfelelőség)-javulása és a megbízhatóság növelése között.

## 2. Vizsgálati módszerek és vizsgáló berendezések

A következőkben ismertetjük vizsgálati módszereinket és az egyes vizsgálatok elvégzéséhez szükséges vizsgáló berendezéseket. Az egyes vizsgálati módszerek kidolgozása során figyelembe vettük a vonatkozó hazai és nemzetközi szabványokat (MSZ, IEC, MIL-STD).

### 2.1 Tartós terheléses és tárolásos megbízhatósági vizsgálatok

a) *A vizsgálat célja:* Integrált áramkörök (MEV termékek) meghibásodási rátájának meghatározása vagy ellenőrzése a megengedett működési, illetve tárolási igénybevételi szinteken.

b) *A vizsgálat módszere:* A vizsgálatra kiválasztott integrált áramköröket legalább 1000 óra időtartamra az előírt hőmérsékletű vizsgáló térbe helyezzük. Terheléses vizsgálat esetén még a szükséges villamos terhelést is bekapcsoljuk. Az eszközök működőképességét elektromos paramétereik leméréseivel ellenőrizzük egyrészt már a vizsgálat megkezdése előtt, másrészt a vizsgálat során 168, 500 és 1000 óra vizsgálati idő letelte után. 1000 óránál hosszabb vizsgálat esetén minden további 1000—3000 órában végzünk ellenőrző méréseket.

A tárolásos vizsgálatot általában az eszközre megengedett legmagasabb hőmérsékleten végezzük. Ez a legáltalánosabban használt műanyag tokozású IC-k esetében 125 °C—150 °C. A terheléses vizsgálatnak két változata terjedt el, a sztatikus és a dinamikus elektromos terhelés.

Digitális IC-k sztatikus terhelése egyszerűen a tápfeszültség rákapcsolásából áll. Lineáris áram-

körök esetén külső elemekkel be kell állítani egy stabil munkapontot is.

A dinamikus terhelésnek több módszere létezik. Kapuáramkörök esetében az egyik legegyszerűbb megoldás, amikor páratlan számú kapu „gyűrű”-be kapcsolásával oszcillátort készítünk. Általában a digitális áramkörök bemenetére egy külső generátor és egy alkalmasan választott logikai hálózat segítségével vezérlő jeleket vezetünk, a kimeneteket pedig az üzemeltetés során leggyakrabban előforduló módon terheljük. Nagybonyolultságú (LSI) eszközök esetében mikroprocesszoros jelminta generátort használunk. Lineáris IC-k dinamikus terhelésekor az illető eszköz leggyakoribb üzemi felhasználási körülményeit modellezzük passzív külső elemekkel és meghajtó generátorral.

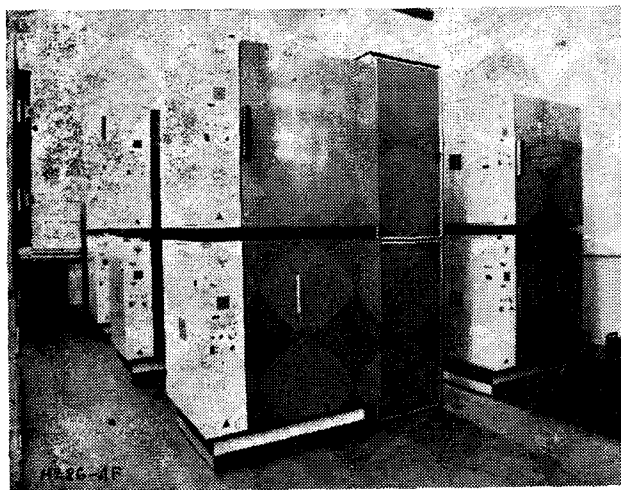
Mind a sztatikus, mind a dinamikus terhelés esetén vigyázni kell arra, hogy az áramkörök réteghőmérséklete ne haladja meg az adatlapon előírt felső határértéket.

A vizsgálatok elvégzésére LP—321/2 típusú („LABOR” MIM gyártmányú) szárítószekrények állnak rendelkezésünkre (1. fénykép), amelyek vizsgáló terének térfogata 200 liter, az üzemi hőmérséklettartomány  $+30 \dots +300$  °C. A sztatikus és a dinamikus vizsgálatok esetében a tápfeszültséget kapcsoló üzemi, illetve analóg tápegységekkel biztosítjuk.

Az ellenőrző méréseket ICOMAT 2/D, ICOMAT 110 és DELTEST 2200 típusú programozható mérőautomatákon végezzük. A mérési eredmények feldolgozása vagy magán a mérőautomatán (DELTEST 2200) vagy külön számítógépen történik (ICOMAT 2/D).

### c) A vizsgálatból származtatott adatok

- a legfontosabb villamos jellemzők eloszlása az idő függvényében,
- a meghibásodási ráta becslése és felső konfidencia határa,
- a meghibásodási ráta hőmérséklet és villamos igénybevétel függését leíró összefüggések,
- jellemző hibamechanizmusok és azok aktíválási energiája.



1. fénykép: Tartós terhelő berendezés

## 2.2 Mechanikai vizsgálatok

a) *A vizsgálat célja:* annak megállapítása, hogy az integrált áramkörök az adott alkalmazás során fellépő mechanikai igénybevételt képesek-e károsodás nélkül elviselni.

b) *A vizsgálat módszere:* Az eszközöket meghatározott időtartamig adott szintű mechanikai igénybevételnek vetjük alá, amit fárasztásnak is szokás nevezni. A vizsgálat megkezdése előtt és az igénybevétel után az elektromos paraméterek lemérésével ellenőrizzük a működőképességet, valamint szemrevételezéssel az alaki megfelelőséget. Három jellegzetes típusa van a mechanikai vizsgálatoknak, a rázás, az ejtegetés és az állandó gyorsulás (centrifugálás).

A rázás vizsgálatot szinusz alakú meghajtó jellel egy Brüel and Kjaer gyártmányú rázógépen végezzük. Az áramköröket — NYÁK-lapra forrasztva — egy felerősítő szerelvény segítségével úgy rögzítjük a rázóasztalra, hogy három egymásra merőleges irányú rázásuk megvalósítható legyen. Az igénybevétel általában ún. pasztázásos rázás, ami azt jelenti, hogy a rázási frekvencia egy adott tartományon belül oda-vissza folyamatosan változik. Az alsó határfrekvencia 10 Hz, a gyakrabban előforduló felső határfrekvenciák: 55 Hz, 150 Hz, 500 Hz, 2000 Hz és 5000 Hz. A vizsgálat szigorúsági fokát a pásztázási frekvenciatartomány a rázási amplitudó és a fárasztási időtartam határozza meg. A rázási amplitudót rendszerint a csúcsgyorsulás értékével szoktuk előírni az 5 g—50 g tartományban. A fárasztási időtartam sok esetben  $3 \times 30$  perc, de  $3 \times 120$  perc is lehet. Rázógépünk üres asztallal 140 g maximális gyorsulás elérésére képes, de 2,4 kg terhelés mellett még megvalósítható 50 g gyorsulási amplitudó. A működési frekvenciatartomány 2 Hz—5000 Hz.

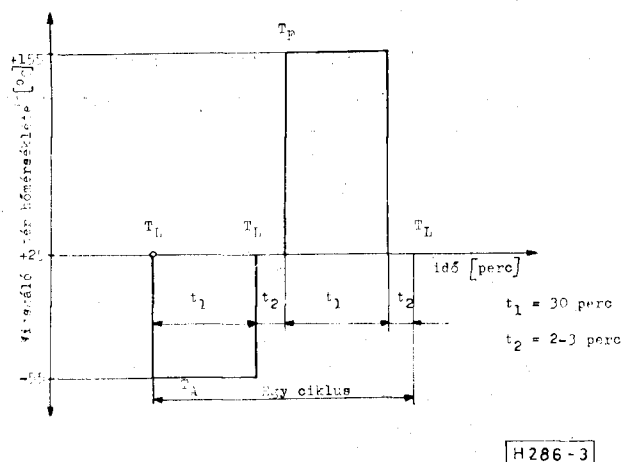
Az ejtegetésállóság vizsgálatot is NYÁK-lapra szerelt alkatrészeket végezzük. Az igénybevétel nagyszámú felszínusz hullám alakú, 5—10 msec széles impulzus. A szigorúsági fokot a csúcsgyorsulás értéke (10 g—500 g) az ejtegetések gyakorisága (0,3/sec—3/sec) és az ejtegetések száma (1000—5000) határozza meg.

Ejtegetőgépünk NDK gyártmányú és 50 kg terhelés mellett még alkalmas 500 g csúcsgyorsulás megvalósítására. Maximális terhelhetősége 400 kg, 10 g gyorsulás mellett.

Az állandó gyorsulás vizsgálat során a hermetikus tokozású eszközöket egy ultracentrifugában helyezzük el, amelyben előállítható a szükséges 30 000 g nagyságú gyorsulás. Az igénybevétel időtartama 1 perc, a gyorsításhoz és a leállításhoz szükséges időn felül. Az ellenőrző méréseket a 2. 1. pontban említett mérőautomaták segítségével végezzük.

### c) A vizsgálatból származtatott adatok

- meghibásodási arány, amelynek ismeretében ellenőrizzük, hogy az alkatrész előre megadott AQL értéknek, mint megbízhatósági követelménynek megfelel-e, vagy sem az előírt szigorúsági fokú vizsgálaton,
- jellemző hibafajták eloszlása.



3. ábra. Hőmérsékletváltozás vizsgálat két vizsgáló térben

### 2.3 Klímaállósági vizsgálatok

#### 2.3.1 Hőmérsékletváltozás hatásának vizsgálata

- a) *A vizsgálat célja:* annak megállapítása, hogy az integrált áramkörök a környezeti hőmérséklet megváltoztatásának hatását képesek-e károsodás nélkül elviselni.
- b) *A vizsgálat módszere:* Az alább ismertetendő három módszer egyike. A vizsgált eszközök alakai megfelelőségét szemrevételezéssel, működőképességét elektromos paramétereik leméréssel ellenőrizzük a vizsgálat megkezdése előtt és annak befejezése után.

„A” módszer: gyors hőmérsékletváltozás hatásának vizsgálata két vizsgálótérben.

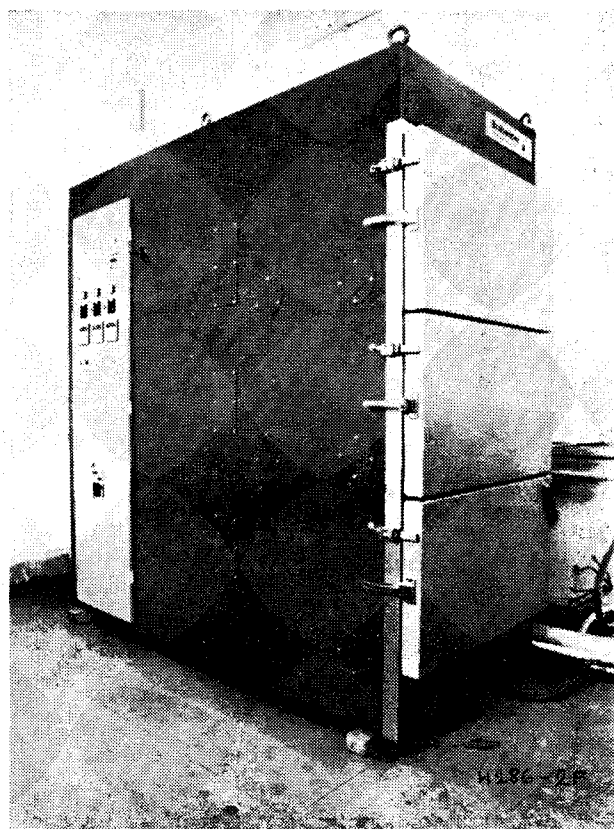
Az egyik vizsgálótérrel a  $T_A$  alsó, a másikat a  $T_F$  felső vizsgálati hőmérsékletre állítjuk be. A vizsgálati anyagot először a  $T_A$  hőmérsékletű térben tartjuk  $t_1$  ideig, majd  $t_2$  idő alatt átrakjuk a  $T_F$  hőmérsékletű térbe, ahol ugyancsak  $t_1$  ideig fog tartózkodni és utána  $t_2$  idő alatt visszakerül a  $T_A$  hőmérsékletű térbe. A gyors hőmérsékletváltozást az biztosítja, hogy a  $t_2$  idő elég rövid, mindössze 2–3 perc. A vizsgálat előbb leírt egy ciklusának idődiagramját a 3. ábrán közöljük. A  $t_1$  hőtartási időtartamot a vizsgált alkatrészek termikus időállandójától függően választhatjuk 3 órának, 30 percnak vagy 5 percnak. A vizsgálat szigorúsági fokát a  $t_1$  és a  $t_2$  időtartamon kívül a  $T_A$  és a  $T_F$  hőmérsékletek, továbbá a ciklusok száma határozza meg. A szabványos választható hőmérsékletértékeket az 1. táblázatban közöljük.

1. táblázat

$T_A$ alsó hőmérséklet (°C)	$T_F$ felső hőmérséklet (°C)
-65 -54 -40 -25 -10 5	30 40 55 70 85 100 125 155 175 200

Integrált áramkörök esetében általában az aláhúzással jelölt hőmérsékletértékeket választjuk; a  $t_1$  időtartam 30 perc, a ciklusszám pedig 10.

A gyors hőmérsékletváltozás vizsgálatokat a három vizsgálótérrel rendelkező Brabender gyártmányú TSE—S 3—80/80 típusú berendezésünk-

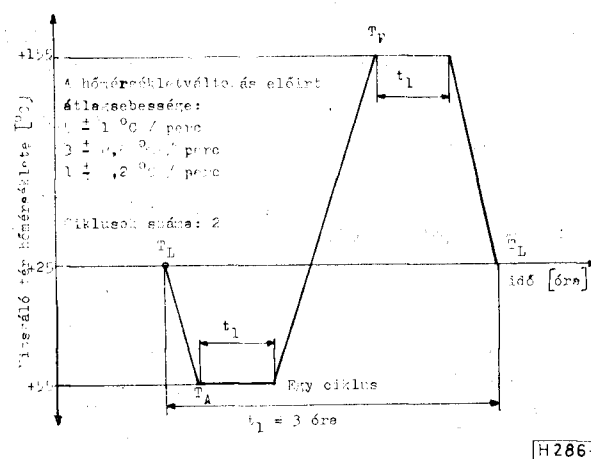


2. fénykép: Berendezés gyors hőmérséklet vizsgálatra

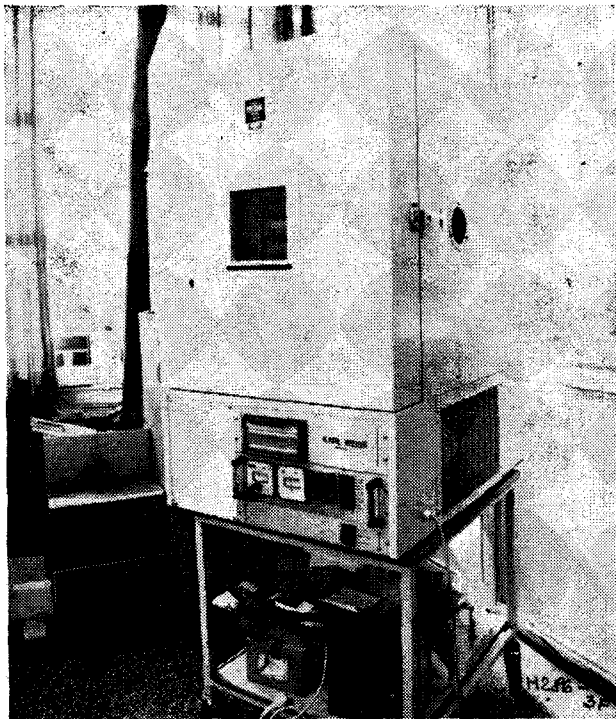
ben végezzük (2. fotó). A vizsgáló terek egymás fölött helyezkednek el. A felső vizsgálótér max. 250 °C-ra melegíthető, a középső vizsgálótér szoba-hőmérsékletű, az alsó vizsgálótér —80 °C-ra hűthető. A vizsgálati anyagot egy beépített lift mozgatja egyik térből a másikba. A  $t_1$  és a  $t_2$  időtartamok, a  $T_A$  és a  $T_F$  hőmérsékletek, valamint a ciklusszám programozható.

„B” módszer: folyamatos hőmérsékletváltozás hatásának vizsgálata egy vizsgálótérben.

A vizsgálótér hőmérsékletét a 4. ábrán látható idődiagramnak megfelelő módon változtatjuk. A vizsgálat szigorúsági fokát a  $t_1$  hőtartási idő,



4. ábra. Hőmérsékletváltozás vizsgálat egy vizsgáló térben



3. fénykép: „Szárász” vizsgálószekrény

a  $T_A$  és  $T_F$  hőmérsékletek (leírásuk az „A” módszernél), valamint a hőmérsékletváltozás átlagsebessége és az igénybevételi ciklusok száma határozza meg. A hőmérsékletváltozási sebesség választható átlagértékei:  $5 \pm 1$  °C/perc,  $3 \pm 0,6$  °C/perc,  $1 \pm 0,2$  °C/perc. Az igénybevételi ciklusok száma általában kettő. A vizsgálat elvégzésére alkalmas berendezésünk a Weiss gyártmányú 160/8—100 DU típusú vizsgálószekrény (3. fénykép), amelynek hőmérséklete a  $-80$ — $+180$  °C tartományban  $\pm 0,3$  °C pontossággal programozható.

„C” módszer: igen gyors hőmérsékletváltozás hatásának vizsgálata két fűrdőben

A vizsgáló terekben ennél a vizsgálatnál nem levegő, hanem az előírt hőmérsékletű folyadék van, egyebekben a vizsgálat hasonlít az „A” módszerhez. Az idődiagram a 3. ábrán közölthöz hasonló alakú, de az idő és hőmérsékletértékek eltérőek. A  $t_1$  hőtartási idő legalább 5 perc, a  $t_2$  átrakási idő legfeljebb 10 másodperc, és az igénybevétel legalább 10 ciklus. A következő táblázatban leírt szigorúsági fokozatú vizsgálatokat tudjuk elvégezni PESPATCH gyártmányú RANSCO típusú berendezésünkön.

2. táblázat

Szigorúsági fokozat	Hőmérséklet (°C)		Folyadék	
	$T_A$	$T_F$	A tér	F tér
A	0	100	víz	víz
B	-55	125	FC 77	FC 70 vagy FC 40
C	-65	150	FC 77	FC 70 vagy FC 40

c) A vizsgálatból származtatott adatok (ld. 2. 2. pont)

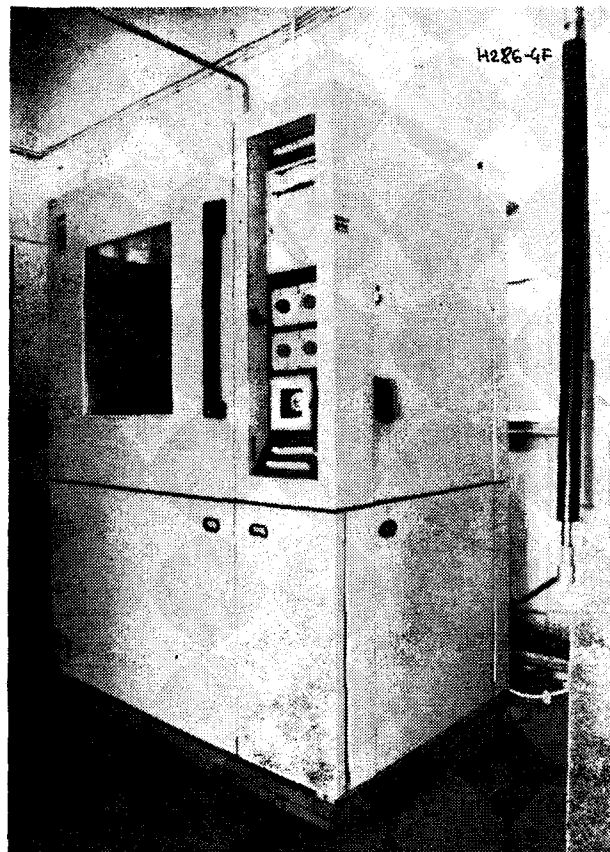
### 2.3.2 Tartós nedves melegállósági vizsgálat

a) A vizsgálat célja: annak megállapítása, hogy a vizsgált eszközök megőrzik-e működőképességüket hosszú idejű nagy páratartalmú levegőn történő tárolás alatt.

b) A vizsgálat módszere: A vizsgálati anyagot a  $40$  °C hőmérsékletű  $90\%$ — $95\%$  relatív páratartalmú vizsgáló térbe helyezük. Egyes esetekben a tápfeszültséget is rákapcsoljuk az eszközökre. A vizsgálati idő típusvizsgálat esetén 21 nap vagy 56 nap, megbízhatósági vizsgálat esetén 2000—5000 óra. Az eszközök működőképességét elektromos paramétereik lemerésével ellenőrizzük a vizsgálat megkezdése előtt és a vizsgálat befejezése után. Hosszabb vizsgálati idő esetén (56 nap, ill. 5000 óra) közbenes időpontokban is végzünk ellenőrző méréseket. Az egyes mérési időpontokban az eszközök ellenőrizzük az eszközök felületi épségét is, különös tekintettel a fém felületek korróziójára. Az előírt hőmérsékletű és páratartalmú vizsgáló teret NDK gyártmányú Feutron klímasekrényben hozzuk létre (4. fénykép).

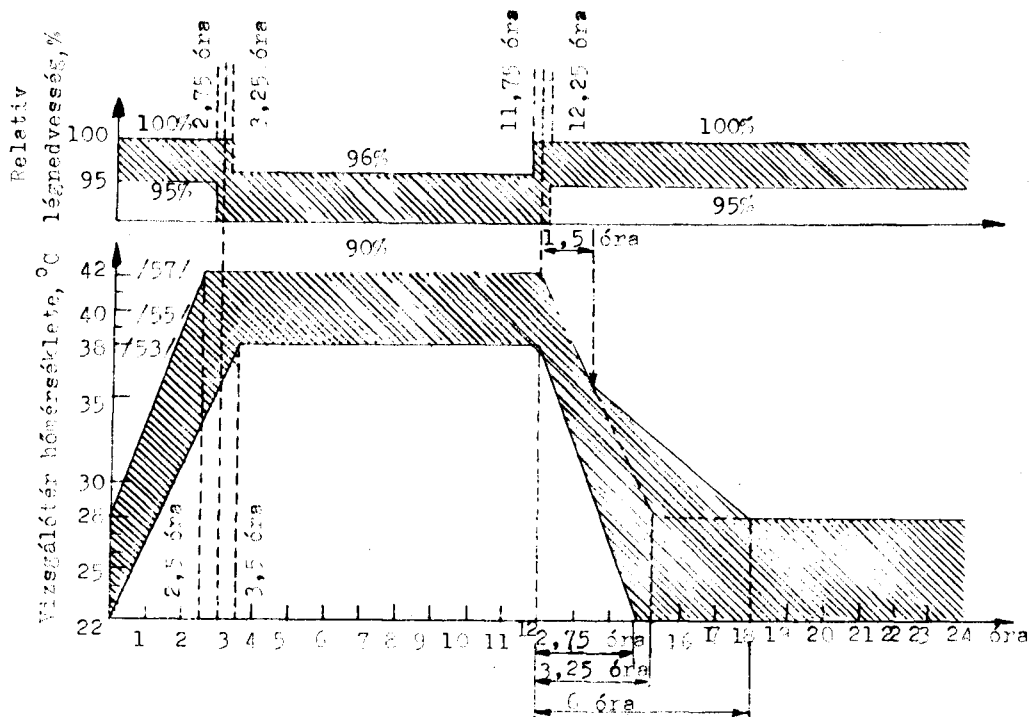
c) A vizsgálatból származtatott adatok

— típusvizsgálat esetén a meghibásodási arány, amelynek ismeretében ellenőrizzük, hogy az



4. fénykép: „Nedves” klímasekrény





H 286-5

5. ábra. Nedvelemeleg-állóság vizsgálat idődiagramja

alkatrész megfelel-e a követelményként megadott AQL értékek az előírt időtartamú vizsgálaton,

- megbízhatósági vizsgálat esetén a meghibásodási ráta becslése és annak felső konfidencia határa, továbbá a legfontosabb villamos jellemzők eloszlása az idő függvényében,
- jellemző hibafajták és azok eloszlása.

### 2.3.3 Ciklikus nedves meleg-állósági vizsgálat

- a) *A vizsgálat célja:* annak megállapítása, hogy a vizsgált eszközök alkalmasak-e a nagy légnedvességgel párosuló ciklikus hőmérséklet-változással együttjáró környezeti hatások károsodás nélküli elviselésére.
- b) *A vizsgálat módszere:* A vizsgálati mintát olyan vizsgáló térbe helyezük, amelynek hőmérséklete és relatív légnedvessége az 5. ábrán látható idődiagram szerint változik 24 órás ciklusokban. Az igénybevétel szigorúsági fokát az alkalmazott vizsgálati hőmérséklet (40 °C vagy 55 °C) és a ciklusok száma együttesen határozza meg, az alábbi táblázat szerint:

3. táblázat

Vizsgálati hőmérséklet	Választható ciklusszámok				
40 °C	2	6	12	21	56
55 °C	1	2	6		

A vizsgált eszközök működőképességét villamos paramétereik leméréseivel ellenőrizzük a vizsgálat megkezdése előtt és a vizsgálat elvégzése után. Szemrevételezéssel ellenőrizzük az eszközök felületi állapotát, különös tekintettel a fém felületek kor-

róziójára. Ezt a vizsgálatot is az előző pontban említett Feutron típusú klímazekrényben végezzük.

c) *A vizsgálatból származtatott adatok* (ld. 2. 2. pont)

### 2.3.4 Sztatikus terheléses vizsgálat magas hőmérsékletű, nagy páratartalmú vizsgáló térben (Temperature Humidity Bias test)

- a) *A vizsgálat célja:* annak megállapítása, hogy a vizsgált eszközök a magas hőmérséklet, a nagy relatív légnedvesség és a sztatikus terhelés együttesen jelentkező igénybevételét képesek-e működésképeségük elvesztése nélkül megőrizni.
- b) *A vizsgálat módszere:* a vizsgálatra kiválasztott műanyag tokozású integrált áramköröket (jelen vizsgálati módszert a szakirodalom elsősorban ezekre az eszközökre ajánlja) a 85 °C hőmérsékletű, 85% relatív légnedvességű vizsgáló térbe helyezük és bekapcsoljuk a tápfeszültséget, ami az illető áramkörökre előírt névleges érték lehet. A vizsgálat időtartama 1000 óra, elektromos paraméter méréseket és szemrevételezéses ellenőrzést a vizsgálat megkezdése előtt és annak befejezése után végzünk. A korróziós hibák gyors előhívására ez az egyik leghatékonyabb módszer. Az előbbieken említett Feutron típusú klímazekrényünk ezen vizsgálat elvégzésére is alkalmas.
- c) *A vizsgálatból származtatott adatok* (ld. 2.2. pont)

### 2.3.5 Túlnyomásos vízgőz vizsgálat (Pressure Cooker Test)

- a) *A vizsgálat célja:* annak megállapítása, hogy a magas hőmérsékletű, túlnyomás alatt lévő

vizgőz károsító hatásának a vizsgált áramkörök képesek-e ellenállni.

- b) *A vizsgálat módszere:* a vizsgáló térben 0,1 Mpa túlnyomás mellett 121 °C-on telített vizgőt, azaz 100%-os relatív légnedvességet hozunk létre. Ebben helyezük el 168 óra időtartamra a vizsgált műanyag tokozású integrált áramköröket (a szakirodalom elsősorban ezekre az eszközökre ajánlja a tárgyalt módszert). Ez az igénybevétel is igen alkalmas a korróziós hibák gyors előhívására. A vizsgálat megkezdése előtt és annak befejezése után elektromos paraméter mérést és szemrevételezéses ellenőrzést végzünk a működőképesség meghatározására. Az előbbieken részletezett vizsgálati feltételek megvalósítására Labor MIM gyártmányú ún. „csírátlanító” kamrát használunk.
- c) *A vizsgálatból származtatott adatok* (ld. 2.2 pont)

### 2.3.6 Kombinált klíma és rázásállóság vizsgálat

- a) *A vizsgálat célja:* annak megállapítása, hogy a klíma- és a rázás igénybevétel együttesen jelentkező hatását képesek-e károsodás nélkül elviselni a vizsgált áramkörök.
- b) *A vizsgálat módszere:* megegyezik a rázás vizsgálatnál (ld. 2.2 pont) leírtakkal azzal a különbséggel, hogy a rázógépre egy Brabender gyártmányú KVSE 180/70 X típusú klímazekrényt szerelünk, és így a vizsgálati anyagot nem szobahőmérsékleten és normál légtérben rázzuk, hanem a klímazekrény segítségével előállított hőmérsékleten és adott légnedvesség mellett. A klímazekrény vizsgáló terét  $-70\text{ °C} + 150\text{ °C}$ -ra állíthatjuk be  $\pm 0,5\text{ °C}$  pontossággal. A  $+10\text{ °C} + 90\text{ °C}$  hőmérséklettartományban a  $\pm 3\%$ -os pontossággal szabályozott relatív légnedvesség 10%—98% lehet.
- c) *A vizsgálatból származtatott adatok* (ld. 2.2 pont)

### 2.3.7 Kombinált hőmérséklet-kislégnyomás vizsgálat

- a) *A vizsgálat célja:* annak megállapítása, hogy a vizsgált eszközök képesek-e károsodás nélkül elviselni adott környezeti hőmérsékleten a légnyomás alacsony értéke miatt megnövekedett hőellenállás következtében létrejövő túlmelegedést.
- b) *A vizsgálat módszere:* A vizsgált eszközöket a vizsgáló térbe helyezük és bekapcsoljuk a tápfeszültséget. A hőmérsékletet az előírt értékre állítjuk, majd csökkentjük a légnyomást. A szükséges nyomásértéket egy órán keresztül tartjuk fent (amennyiben a termékszabvány másként nem rendelkezik), majd száraz levegő bebocsátásával visszaállítjuk a normál légköri nyomást. A hőmérséklettel visszaállunk  $25\text{ °C}$ -ra és lekapcsoljuk a tápfeszültséget. Az áramkörök működőképességét és felületi épségét a korábban részletesen ismeretett módszerekkel ellenőrizzük a vizsgálat előtt és annak befejezése után. A szóbanforgó vizsgálatot Brabender gyártmányú KBSE 500/70 H típusú vizsgálati kamrával segítségével tudjuk elvégezni, amelynek vizsgáló tere  $0,5\text{ m}^3$  űrtartalmú, és hőmérséklete a  $-70\text{ °C} + 80\text{ °C}$  tartomány-

ban állítható be. A  $+10 + 90\text{ °C}$  hőmérséklet-intervallumban a relatív páratartalom 10%—98% lehet. Kis légnyomás csak száraz légtér mellett hozható létre, 40 perc alatt kb. 1 mbar, 70 perc alatt kb. 0,01 mbar. Szabályozhatósági tartománya kb. 18 mbar-ig terjed.

- c) *A vizsgálatból származtatott adatok* (ld. 2.2 pont)

### 3. Szűrővizsgálatok

- a) *A vizsgálatok célja,* az alkatrésztételekben lévő rejtett hibás példányok kiszűrése, a legfontosabb hibamechanizmusok gyors feltárása, ezáltal az alkatrész-tétel megbízhatósági szintjének növelése és minősített eszközökre minőségi tényező meghatározása.
- b) *A vizsgálat módszere:* a szűrővizsgálatokat az eszköz technológiájától, bonyolultságától, tokozásától és funkciójától függően úgy kell megtervezni, hogy azok az alkatrészek meghibásodásához vezető hibafolyamatokat rövid idő alatt aktiválják, ugyanakkor a hibátlan (jó) példányokban degradációs folyamatokat ne idézzenek elő, azok későbbi felhasználását ne gátolják. Ezért célszerű szűrővizsgálati sorozatokat kidolgozni a legjellemzőbb hibamechanizmusok előhívására a nemzetközi minősítési rendszereknek (IEC- és MIL- minősítési előírásoknak) megfelelő követelményeket alapul véve.

Mikroelektronikai eszközök esetében az egyes szűrővizsgálati eljárások és azok által aktivált meghibásodási fajták közötti összefüggéseket a 6. ábra szemlélteti.

Vizsgálatok	Hibafajták							
	Hordozó szerelési hibák	Térfogati hibák	Felületi hibák	Bondolási és húzal hibák	Lezárási hibák	Tokozási hibák	Hőtágulási hibák	Elektromos stabilitás
Tárolás magas hőmérsékleten	+	+	+					+
Hősokek ( 2.3.1. "C" módszer)	+	+	+	+	+	+		
Hőciklus ( 2.3.1. "A" v. "B" módszer)	+	+	+	+	+	+		
Előégetés (burn-in)		+	+					+
Mérés szélső hőmérsékleten				+				+
Rázás	+			+				
Lezárási vizsgálat					+			

H 286-6

6. ábra. Hibafajták és előhívásukra ajánlott vizsgálatok



Például félvezető IC-k esetében hatékony szűrővizsgálati sorozatot alkotnak a következő vizsgálatok:

- *Tárolás magas hőmérsékleten* (2.1 pont szerint),
- *Hőciklus vagy hősokk vizsgálat* (2.3.1 pont szerint),

- *Lezárás vizsgálat* (csak hermetikus tokozású eszközök esetében alkalmazható)

A MIL STD 883 szabványban leírt 1014.5. számú módszer szerint végezzük a vizsgálatot Veeco gyártmányú MS17 típusú ún. „finom lyuk” vizsgáló berendezésünkön. Az eljárás lényege a következő: a vizsgált alkatrészt 2 óra időtartamra 0,4 MPa nyomású héliumba helyezzük. Rövid pihentetés után az áramköröket alacsony nyomású térbe helyezzük és figyeljük a He atomok szivárgását. Az eszköz belső üregének térfogatától és az alkalmazott kis légnyomás értékétől függően az időegység alatt észlelt He mennyisége kisebb kell legyen egy kritikus értéknél.

- *Előégetés (burn-in) vizsgálat*

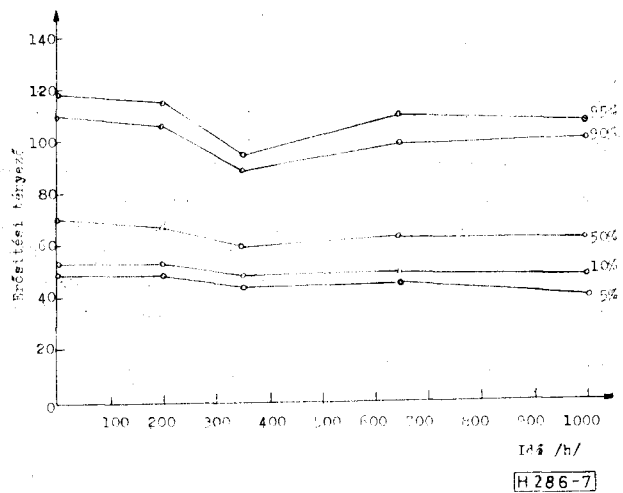
A burn-in vizsgálat lényegében megegyezik a tartós terhelés vizsgálatával, de sokkal rövidebb ideig tart. Az alkalmazott vizsgálati időtartamok: 48 óra, 96 óra és 168 óra, a szűrés szigorúságától függően. Előégető berendezésünket az NSZK-beli Brabender-cég gyártotta, két klímazekrényből és egy vezérlő mikroszámítógépből áll. A klímazekrények hőmérséklete  $-40$  és  $+150$  °C között állítható be. A vezérlő mikroszámítógép segítségével programozhatóak a vizsgált eszközök tápfeszültségét előállító tápegységek, valamint a dinamikus terhelő jelminták. A számítógép ellátja az egész rendszer felügyeletét is, az előforduló hibákat diszken rögzíti, illetve szükség esetén leállítja a vizsgálatot, kikapcsolja a szekrényeket. A magas hőmérsékleten fellépő oxidáció megakadályozása érdekében a vizsgáló térben nitrogén öblítést alkalmazunk.

- *Szélső üzemi hőmérsékleten történő mérés*

A szűrővizsgálati sorozat utolsó lépése minden esetben a villamos paraméterek lemerése kell legyen, mert egyébként a meghibásodott alkatrészeket nem tudjuk eltávolítani a szűrt eszközök közül. A szélső hőmérsékleten történő méréssel az illető eszközre megengedett felső üzemi hőmérsékleten ellenőrizzük a működőképességet.

- c) *A vizsgálatokból származtatott adatok:*

A szűrővizsgálatokat funkcionális minták ellenőrzésére, a gyártási folyamat végén az alkatrészek minőségbiztosítási rendszere hatékonyságának ellenőrzésére alkalmazzuk, valamint a felhasználó vállalatok részére is vállalkozunk hatékony szűrővizsgálati eljárások kidolgozására és a vizsgálatok elvégzésére a berendezésgyártó vállalatok által beépítésre kerülő nem MEV gyártmányú integrált áramkörök esetében. A szűrővizsgálatok eredményei lehetőséget adnak annak meghatározására is,



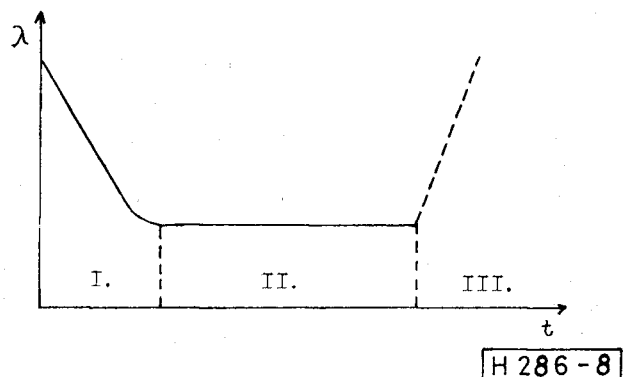
7. ábra. Százalékos diagram

hogy mennyivel megbízhatóbbak a szűrővizsgálatokon átment eszközök a kereskedelmi minőségi szintű eszközöknél. Ezt az arányszámot a minőségi tényező fejezi ki.

#### 4. Adatok közzétevése és felhasználása

A mikroelektronikai eszközök megbízhatóságára vonatkozó adatok közzétételét a nemzetközi szabványrendszerekben (IEC, KGST stb.) elfogadott előírásoknak megfelelően végezzük.

A vizsgálati megfigyelések alapján az eszközök egyes fontosabb villamos jellemzőinek időbeli változását az ún. százalékos diagrammal (7. ábra) adjuk meg, amely azt ábrázolja, hogy előre megadott P%-os értékekre (rendszerint 5, 10, 50, 90, 95%) a vizsgált eszköztétel P%-a adott mérési időpontban milyen paraméterértékkel rendelkezik. Például a 7. ábrából meghatározható, hogy 300 óránál a tranzistorok erősítési tényezője 60 vagy annál kisebb a tétel 50%-ánál. Az eszközök megbízhatóságát a meghibásodási rátával jellemezzük, amely 1/óra vagy  $10^{-9}$ /óra = 1 fit egységben az időegységre eső relatív meghibásodási gyakoriságot adja meg. A vizsgálati adatok alapján ezt a  $\lambda$  faktort a meghibásodások számának és az eszközökön megfigyelt összes működési időnek (eszközóra mennyiségnek) hányadosával becsüljük, ha a meghibásodási ráta állandó. Például 100 IC 10 000 órás vizsgálata során 2 meghibásodást figyeltek meg, ekkor



8. ábra. A meghibásodási ráta időfüggvénye (kádgörbe)

$$\lambda = \frac{2}{100 \cdot 10\,000} = 2 \cdot 10^{-6} / \text{óra} = 2000 \text{ fit}$$

Az állandó meghibásodási ráta reciprokát meghibásodások közötti átlagos működési időnek, angolnyelvű rövidítéssel MTBF-nek nevezik.

A meghibásodási ráta azonban nem mindig állandó. A meghibásodási ráta időfüggvénye a 8. ábrán látható kádgörbe. Ennek három szakasza van: I. — a kezdeti meghibásodások szakasza, amelyben a meghibásodási ráta monoton csökkenő és ez a szakasz hatékony szűrővizsgálatok alkalmazásával megszüntethető; II. — az állandó meghibásodási ráta szakasz, amely az alkatrészek hasznos élettartamát jellemzi és amelyre vonatkozóan rendszerint a mikroelektronikai eszközök megbízhatóságát is meghatározzuk (egyes ettől eltérő esetekben a Weibull-eloszlást és a Weibull valószínűségi papírt alkalmazzuk); III. — az elhasználódási vagy öregedési meghibásodások szakasza, amelyben az eszközöket már nem szabad felhasználni nagymegbízhatóságú berendezésekben.

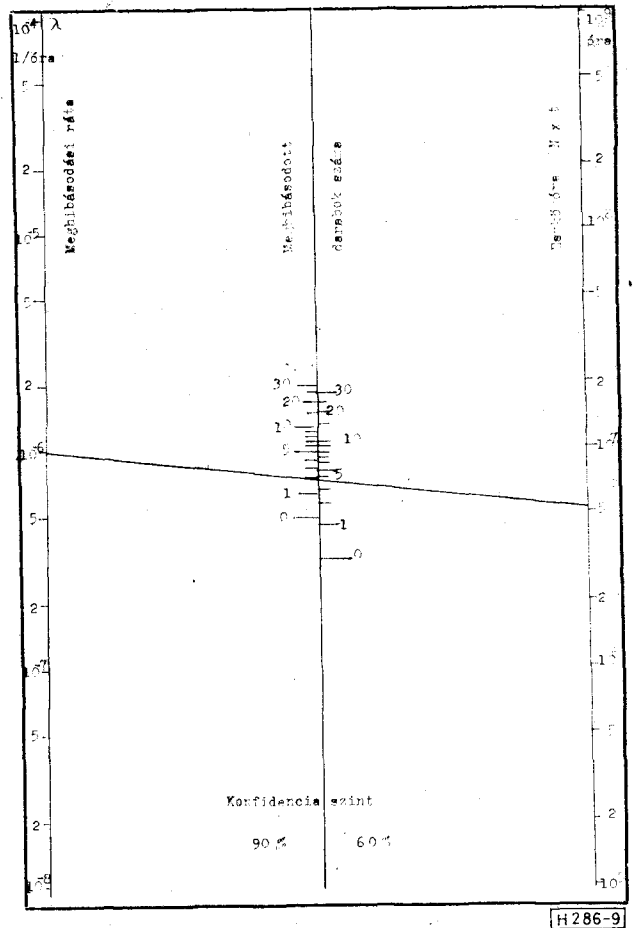
A mikroelektronikai eszközök megbízhatóságát nemcsak a meghibásodási ráta pont-bebecslésével, hanem a statisztikai biztonságot jellemző felső konfidencia határral is meghatározzuk. Ez a meghibásodási ráta felső határ azt adja meg, hogy az esetek adott (például 60 és 90) százalékában a meghibásodási ráta tényleges értéke a felső határnál kisebb. A meghibásodások száma, a meghibásodási ráta felső határa és a megfigyelt eszköz-órák száma között összefüggés származtatható állandó meghibásodási ráta esetében a  $\chi^2$ -eloszlás táblázata alapján, különböző konfidencia szintekre vonatkozóan. A 9. ábrán látható nomogram 60 és 90%-os konfidencia szintre adja meg a  $\lambda$ -meghibásodási ráta, a meghibásodások száma és az eszköz-óra szám közötti összefüggéseket. Például 0 meghibásodás esetén és 300 000 megfigyelt eszközóra mellett 90%-os konfidencia szinten a meghibásodási ráta felső konfidencia határa

$$\lambda_{\text{felső, 90}} = \frac{2,3}{3 \cdot 10^5} = 7,66 \cdot 10^{-6} / \text{óra}$$

A 9. ábra nomogramját felhasználhatjuk adott statisztikai pontosságú vizsgálati tervek elkészítéséhez is. Például  $1 \cdot 10^{-6} / \text{óra}$  meghibásodási ráta ellenőrzéséhez 90%-os konfidencia szinten 2 meghibásodás előfordulása esetén  $5,3 \cdot 10^6$  eszközóra vizsgálati adatmennyiség előállítása szükséges.

A fentiekből látható, hogy a nagy megbízhatóság (alacsony meghibásodási ráta) igazolásához nagy eszközóra mennyiség szükséges. Ha figyelembe vesszük a meghibásodási rátának az igénybevételi szinttől, rendszerint a réteghőmérséklettől való függését, akkor az ún. gyorsított vizsgálatok eredményei alapján kisebb eszközóra mennyiség is elegendő a magasabb réteghőmérsékleten előforduló magasabb meghibásodási ráta érték igazolásához. A meghibásodási ráta réteghőmérséklettől való függését az Arrhenius-törvény írja le a

$$\lambda = A \exp \left[ \frac{-E}{kT} \left( \frac{1}{T_j} - \frac{1}{T_{j0}} \right) \right]$$



9. ábra. A meghibásodási ráta grafikus becslése képlettel, ahol  $A$  a  $\lambda$ -faktor  $T_{j0}$  hőmérsékleten,  $E$  az aktiválási energia,  $k$  a Boltzmann-állandó,  $T_j$  a réteghőmérséklet  $K$ -ben,  $T_{j0}$  a vonatkoztatási réteghőmérséklet, pl.  $T_{j0} = 343 \text{ K}$  ( $70^\circ \text{C}$ ). A  $T_j$  réteghőmérsékletet a

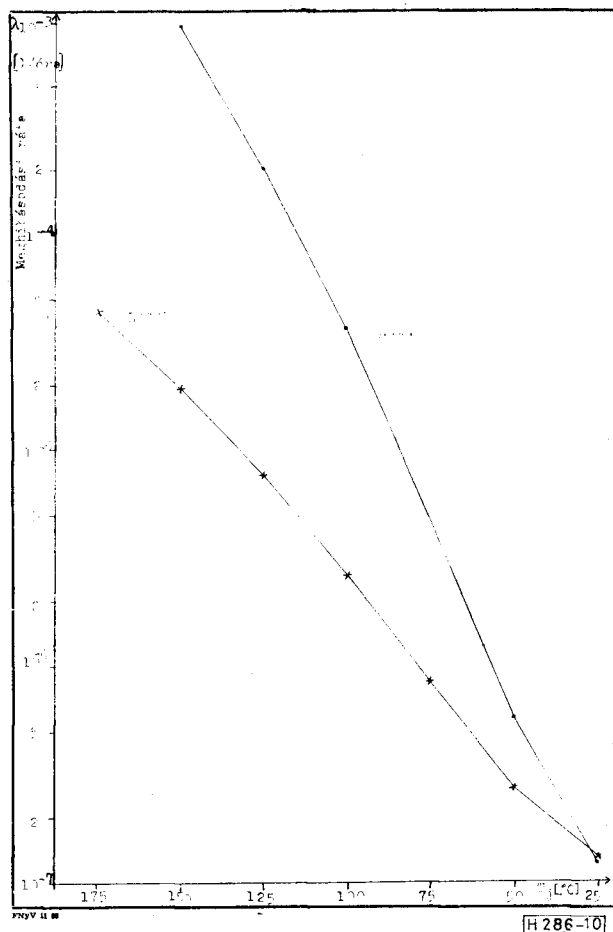
$$T_j = T_K + PAT$$

képletből kell számítani, ahol  $T_K$  a környezeti hőmérséklet,  $P$  a villamos disszipáció  $W$ -ban,  $\Delta T$  az  $1 \text{ W}$  terhelés hatására fellépő túlmelegedés. Megjegyzendő, hogy egyes esetekben a bonyolultabb Eyring-modellt használják.

A meghibásodási ráta hőmérséklet-függése bipoláris illetve MOS technológiával előállított IC-k esetében a 10. ábrán látható. A hőmérséklet gyorsítást jellemző aktiválási energia hibamechanizmusokként változik. Például a 4. táblázatban felsorolt hibamechanizmusokhoz különböző aktiválási ener-

4. táblázat  
Jellemző hibamechanizmusok és aktiválási energiák

Hibamechanizmus	Aktiválási energia (eV)
Oxid-letörés	0,3
Elektromigráció	0,5
Intermetallikus hibák	0,7
Fémezési hibák	0,8
Felületi hibák	0,9
Térfigati hibák	1,0



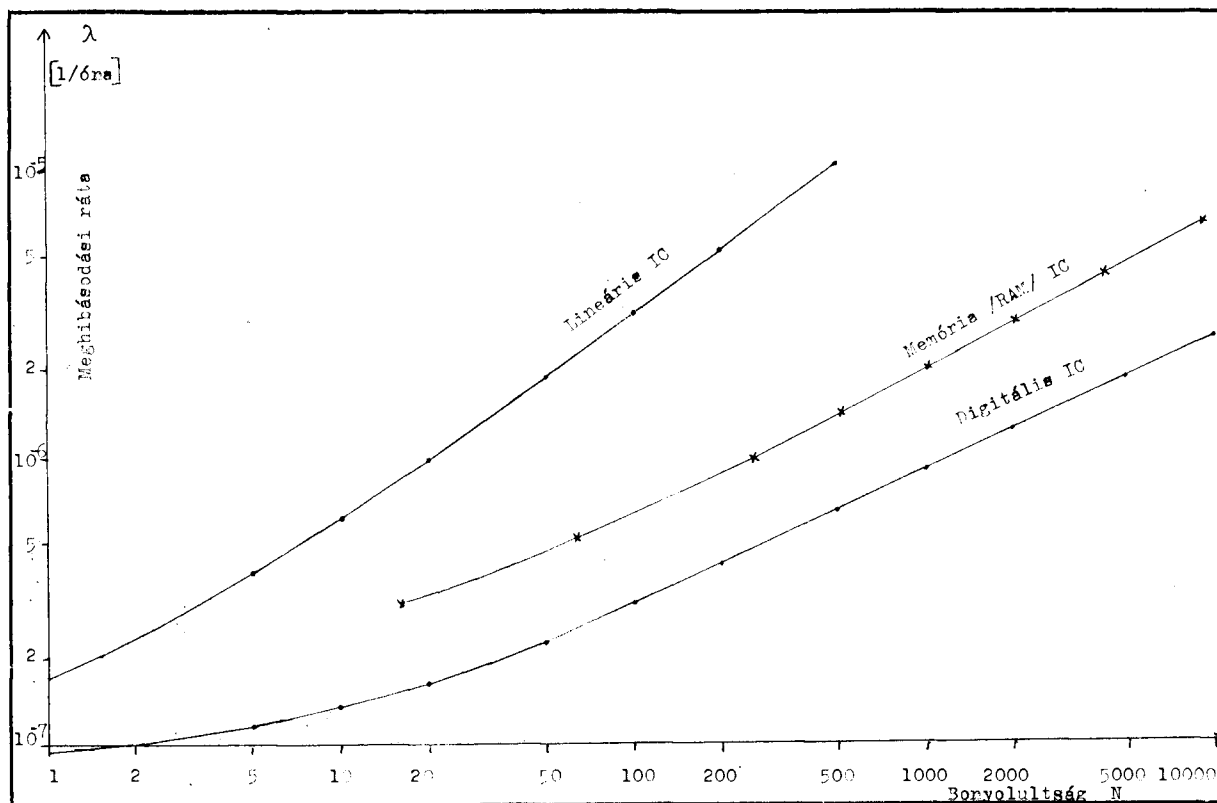
10. ábra. A meghibásodási ráta hőmérsékletfüggése

giák tartoznak. A 10. ábrán látható hőmérsékletfüggés súlyozottan átlagolt hibamechanizmusokat jellemez. A gyorsítási tényező 50 °C és 75 °C között bipoláris eszközök esetében 3, MOS technológiával előállított alkatrészek esetében 8,3. Hasonlóképpen adódik, hogy 50 °C és 125 °C között a gyorsítási tényező 28, illetve 356, attól függően, hogy bipoláris technológiájú eszköz vagy MOS technológiájú alkatrész gyorsított vizsgálatáról van szó.

A meghibásodási ráta az eszköz bonyolultságától is (például IC-knél a kapuk vagy tranzisztorok, illetve programozott bitek számától) függ. Ez rendszerint  $\lambda = C_1 N^{d_1}$  típusú függvény, ahol  $N$  az eszköz bonyolultságát jellemző mennyiség,  $C_1$  és  $d_1$  állandók. Digitális IC-k, lineáris IC-k és memóriák esetében a meghibásodási ráta bonyolultság függése 50 °C réteghőmérsékletre vonatkoztatva a 11. ábrán látható.

A meghibásodási ráta réteghőmérséklettől való függését is figyelembe véve az 5. táblázatban összefoglaljuk egyes alkatrésztípusokra az 55 °C-ra extrapolált meghibásodási ráta értéket és annak igazolásához szükséges 125 °C-on elvégzett vizsgálatok eszközóra mennyiségét (gyorsítási tényező: 5,8—146).

A mikroelektronikai eszközök meghibásodási rátáinak ismeretében, valamint az egyéb elektronikai alkatrészekre rendelkezésre álló megbízhatósági jellemzők felhasználásával elvégezhető a berendezések megbízhatóságának előrejelzése, amely a következő lépésekből áll:



H 286 - 11

11. ábra. A meghibásodási ráta függése a bonyolultságtól

IC típus	Bonyolultság (kapu)	$\lambda$ ( $10^{-9}/6$ ) $T_j=55^\circ\text{C}$	Eszközóra (óra) $T_j=125^\circ\text{C}$
7400	4	110	1 640 000
7442	18	180	660 000
7447	44	250	382 000
74 143	70	305	286 000
74 393	96	380	234 000
8048	625	1635	5 000
8080	1100	2000	4 000
8085	2067	2500	3 100
Z 80	2830	2800	2 800
8086*	6000	890	45 300
68 000*	17 000	1250	30 100

Megjegyzés: a \*-gal jelölt típusok esetében hermetikus tokot tételeztünk fel, a többi típusnál viszont műanyag tokra vonatkoznak a meghibásodási ráta és az eszközóra értékek.

- a megbízhatósági jellemző kiválasztása (pl.  $\lambda$ -faktor vagy MTBF)
- a berendezés műszaki leírása
- a berendezés megbízhatósági modelljének meghatározása
- a berendezés matematikai modelljének meghatározása
- a berendezés megbízhatósági és matematikai modelljében az alkatrész adatok felhasználása
- az előrejelzés elvégzése.

Például megbízhatósági szempontból soros rendszer esetében a berendezés  $A$  meghibásodási rátája, az MTBF-reciproka a

$$A = (\text{MTBF})^{-1} = \sum_{i=1}^k n_i \lambda_i$$

képletből számítható, ahol

- $\lambda_i$  az  $i$ -edik alkatrésztípus meghibásodási rátája a berendezés jellemző üzemeltetési és alkalmazási feltételeire vonatkoztatva,
- $n_i$  az  $i$ -edik alkatrésztípusból a berendezésben működő alkatrészek száma,
- $k$  a berendezésben működő alkatrésztípusok száma.

Általában a  $A_E$  előrejelzett érték kedvezőtlenebb (2–5-szöröse) a ténylegesen megfigyelt berendezés  $A_M$  meghibásodási rátának.

## 5. Következtetések

A Mikroelektronikai Vállalatnál kidolgozott és alkalmazott megbízhatósági vizsgálati módszerek, valamint a rendelkezésre álló vizsgálóberendezések

felhasználásával az előállított mikroelektronikai termékek megbízhatósági szintjét a felhasználói követelményeknek megfelelően biztosítjuk.

A jelenlegi vizsgálati rendszert olyan irányban célszerű továbbfejleszteni, amely biztosítja, hogy a fokozott megbízhatóságú termékek megbízhatósági szintjének ellenőrzését az új, korszerű alkalmazási körülmények szimulálásával is lehessen végezni. Ezért a vizsgálati módszerek és a vizsgáló berendezéspark fejlesztését a következő területeken tervezzük: akusztikus zajállóság vizsgálat, sugárzásállóság vizsgálat, kisméretű (különleges kivitelű) alkatrészek vizsgálata.

A megbízhatósági adatokat a nemzetközi előírásoknak megfelelő rendszerben közöljük, amely lehetővé teszi a berendezégyártók számára azok számbavételét berendezések tervezésekor. A vizsgálati módszerek és berendezések felhasználásával lehetőség nyílik az alkatrészfelhasználó vállalatok által alkalmazott, külföldi gyártmányú termékek vizsgálatára és megbízhatóságának értékelésére is. A MEV a jövőben kiadványsorozatot kíván megjelentetni, amely az egyes terméktípusokra közöl megbízhatósági adatokat a jelen közlemény eljárásainak felhasználásával.

## IRODALOM

- [1] Dr. Balogh, A.—Csornai, L.—Dr. Kalmár, G.—Dr. Mátrai, G.—Váradi, I.: Félvezetőtermékek minőségbiztosítása. Magyar Elektronika, III. No. 5. (1986).
- [2] Dr. Mátrai G.: Minőségügyi információs rendszer az elektronikai iparban. Minőség és Megbízhatóság (1987) (Megjelenés alatt.)
- [3] Csornai L.: Félvezető eszközök gyorsított vizsgálatai. Minőség és Megbízhatóság (1987). (Megjelenés alatt.)
- [4] Balogh A.—Gerlai M.: Rendszerek megbízhatósági tervezése... Híradástechnika, XXXVI. No. 2. (1985).
- [5] MSZ—KGST 548: Statisztikai átvételi ellenőrzés (1977).
- [6] MSZ—KGST 1192: A hibamentes működési idő ellenőrzési tervei exponenciális eloszlás esetében (1978).
- [7] MSZ—18957: Megbízhatósági megfigyelések tervezése (1984).
- [8] MSZ 18828: A megbízhatósági mutatók meghatározásának paraméteres módszerei (1983).
- [9] MSZ 11010: Elektronikai alkatrészek megbízhatósági adatainak közzélése (1974).
- [10] Balogh A.—Dukáti F.—Sallay L.: Minőségellenőrzés és megbízhatóság (1980) Műszaki Könyvkiadó
- [11] IEC TC 47 (CO)974: IEC quality assessment system. Specification for IC-s (1984).
- [12] MIL—STD—883: Test methods and procedures... (1983).