

# Beszámoló a „4. Megbízhatóság az elektronikában” Szimpóziumról

A „4. Megbízhatóság az elektronikában” Szimpóziumot a Magyar Tudományos Akadémia és a MTE SZ társegyesületei — Híradástechnikai Tudományos Egyesület, Bolyai János Matematikai Társulat és a Közlekedéstudományi Egyesület Posta és Távközlési Tagozata — közösen rendezték meg 1977. október 4—7-ig, Budapesten, a Technika Házában.

A szimpóziumon 327 hazai és külföldi szakember vett részt, 87 előadást tartottak három szekcióban. A szekciók munkáján túlmenően három kerekasztal-megbeszélés megszervezésére is sor került.

Az egyes szekcióban megtartott előadásokról, illetve a kerekasztal vitákról az alábbiakban adunk áttekintést.

## 1. szekció: Megbízhatóság és karbantarthatóság elméleti kérdései

Az elméleti szekcióban elhangzott 24 előadást témakörük szerint a következőképpen csoportosíthatjuk:

- áramkör-analízis a meghibásodások felkutatására és a hibaszimulációs eljárások alkalmazása,
- rendszerek megbízhatóságának értékelése,
- a tartalékalkatrész-készletek meghatározása a megelőző karbantartás optimális elvégzésére,
- a megbízhatósági jellemzők becslése,
- számítógépek alkalmazása a megbízhatóság értékelésére.

Az első témakör területén

Saeks, R. (USA) előadásában a hiba előrejelzési módszerekkel foglalkozott. Azt az esetet vizsgálta, amelyben az alkatrész paramétermegváltozásának alapján becslük az alkatrész meghibásodási időpontját. Az ellenőrizendő paramétereket rendszeresen méri előírt karbantartási időpontokban. Ezeknek az értékeknek ismeretében minden mérés után meghatározzák, hogy az alkatrészt újjal helyettesítik-e vagy sem. Ha  $t_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) az egyes karbantartási időpontokat,  $v_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) pedig az ezekben az időpontokban mért paraméterértéket jelöli,  $g_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) jelöli az alkatrész meghibásodási időpontjának becslését, illetve  $\mu_i$  szimbolizálja a szórásnégyzetet, akkor az előzetes adatok alapján rendelkezésre álló  $g_0$  meghibásodási időpontbecslés és ehhez tartozó  $\mu_0$  szórásnégyzet ismeretében a meghibásodási időpont ( $g$ ) és annak szórásnégyzete ( $\mu$ ) ún. végső becslése a következő képletekkel fejezhető ki:

$$g = \frac{\mu_n g_0 + \mu_0 g_n}{\mu_n + \mu_0};$$

$$\mu = \frac{\mu_n \cdot \mu_0}{\mu_n + \mu_0}.$$

Ezután becslni kell annak valószínűségét, hogy az alkatrész meghibásodik a  $t_{n+1}$  időpont előtt, ez a következő:

$$C_0 = \frac{\mu_0}{(g - t_{n+1})^2}.$$

Ha az alkatrészt a  $t_n$  időpontban újjal helyettesítik, akkor ennek az alkatrésznek meghibásodási valószínűsége a  $(t_n, t_{n+1})$  szakaszban a következő:

$$C_n = \frac{\mu_0}{(g + t_n - t_{n+1})^2}.$$

Végezetül becslünk kell az alkatrész élettartamának azt a hányadát, amelyet elvesztünk, ha a  $t_n$  időpontban az alkatrészt újjal helyettesítjük. Ha  $c$  egy alkalmasan megválasztott súlyozási tényező, akkor ez a hányad a következő:

$$C_r = \frac{(g - t_n)C}{g_0}.$$

Ezeket a becsléseket felhasználva az alkatrész helyettesítését határozzuk el a  $t_n$  időpontban, ha  $C_0 > C_n + C_r$  vagy, ha  $g < t_{n+1}$ . Az előadó gyakorlati példát mutatott be a módszer alkalmazására.

Temes, G. (USA) előadásában a hibaszimuláció hatásos módszereivel foglalkozott. Számítógépes algoritmusokat közölt a lineáris és non-lineáris rezisztív aktív áramkörök többszörös hibahatásainak szimulálására. Az eredmények felhasználhatók az elektronikai áramkörök vizsgáló pontjainak optimális kiválasztására, valamint hibaszótárak összeállítására automatizált hibakeresési eljárások esetében.

Gefferth, L. (MNK) előadásában a két hibás elemmel rendelkező rendszerek hibadiagnosztikáját tárgyalta. Új módszert adott meg a kétszeres hibák lokalizálására. A módszer azon alapszik, hogy bizonyos feltételek között a hálózati paraméterek közötti összefüggés racionális törtfüggvény, azaz a hálózati függvény értékét és a frekvenciát rögzítve az  $x_i$  és  $x_j$  valós értékű paraméterek közötti összefüggés a következő:

$$x_i = \frac{Ax_j + B}{Cx_j + D},$$

ahol az  $A, B, C$  és  $D$  állandók, komplex számok. Ha két frekvencián számítjuk ki  $x_i$  és  $x_j$  értékét, akkor csak a hibás paraméterpár értéke lesz mindkét frekvencián azonos, a hibátlan paraméterpárok különbözőek lesznek. A módszer alkalmazását az előadó példával szemléltette és a számítógépes értékelő-programot is tárgyalta.

A rendszerek megbízhatóságának értékelésére számos módszert ismertettek az előadók.

Amoia, V. és Somma, R. (Olaszország) a homogén Markov-folyamatok megbízhatóság-elméleti kérdéseivel foglalkozott. Az elektronikai rendszerek megbízhatósági állapotainak változását leíró átmeneti mátrix saját értékeinek tulajdonságaira bizonyítottak be az előadók állításokat.

Biernat, J. (LNK) előadásában az „n-ből k” típusú rendszerek megbízhatósági analízisét vizsgálta. Ez a rendszer n számú rendszerből áll és csak akkor hibásodik meg, ha a részrendszerek közül (n-k) számú meghibásodott. Az előadó a rendszer megbízhatósági struktúrájának elemzése után meghatározta a rendszer megbízhatósági függvényét is a szavazó-és kapcsolóegység megbízhatóságának figyelembevételével. Hryniwicz, O. és Lewin, W. (LNK) a rendszerek tartalékalkatrész-készletének meghatározását vizsgálta abban az esetben, ha a rendszerek soros kapcsolásúak és a rendszerlemek meghibásodása egymástól függőek. Ennek megfelelően megkülönböztethetők az elemeknek függő és független meghibásodásai. A független meghibásodások esetében a rendszerlemek működési idő-eloszlását exponenciálisnak tételezik fel. Karpinski, J. (LNK) a rendszerek működési idő-eloszlását tárgyalta a rendszer megbízhatósági struktúrájának alapján. Bevezette a szakirodalomból ismert, rendszer-állapotot leíró vektort:  $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , ahol  $x_i$  ( $i = 1, 2, \dots, n$ ) jelöli a rendszer  $i$ -edik elemének állapotát ( $x_i = 1$ , ha az elem működőképes;  $x_i = 0$ , ha az elem meghibásodott). Az  $x$  vektor  $\varphi(x)$  függvényét struktúrafüggvénynek nevezik. A struktúrafüggvény tulajdonságaiból meghatározható, hogy a rendszer koherens-e vagy sem. Koherens akkor a rendszer, ha összes eleme működése esetén a rendszer működik, azaz  $\varphi(1) = 1$ , összes eleme meghibásodása esetén a rendszer meghibásodik, azaz  $\varphi(0) = 0$ , valamint bármelyik elemének meghibásodása csökkenti vagy nem változtatja a rendszer megbízhatóságát. A működési utak ( $\varphi(x) = 1$ ) és a meghibásodási utak ( $\varphi(x) = 0$ ) ismeretében a rendszer megbízhatósága kiszámítható. A szerző példaként a soros-, párhuzamos és ún. összetett rendszerek megbízhatóságát határozta meg.

Klega, V. (CSSZSZK) független elemekből álló soros rendszer megbízhatóságát vizsgálta, abban az esetben, ha a rendszerlemek működési ideje Weibull-eloszlású valószínűségi változó. Bebizonyította, hogy alkalmas közelítést felhasználva a rendszer megbízhatósága is Weibull-eloszlással írható le.

Meghatározta a közelítéskor elkövetett hiba nagyságát is *Prazevswzka, M.* (LNK) nem felújítható rendszerek megbízhatósági kérdéseit tárgyalta. A rendszer különböző állapotainak mátrixát meghatározta és az ún. átmeneti intenzitás segítségével megállapította az előírt karbantartási stratégia optimális változatát. *Zukauskas, K.* (Szovjetunió) közelítő képleteket határozott meg „n-ből k” típusú rendszerek átlagos működési idejére. Bebizonyította, hogy a rendszer elemek exponenciális működési idő eloszlása esetében az „n-ből k” típusú rendszer átlagos működési ideje aszimptotikusan tart a rendszer működési sűrűségfüggvényének maximumához (módusához), ha az elemek n száma tart a végtelenhez.

A tartalékalaktrészek optimális számának meghatározásának területén *Krtolica, R.* és *Szankovics, R.* (Jugoszlávia) az alkatrészköltségek, a javítási költségek és munkaráfordítás ismeretében állapította meg az adott rendszer megbízhatóság biztosításához szükséges optimális tartalékaiktrész-készletet. *Peirovics, R.* és előadótársai (Jugoszlávia) hasonló kérdést tárgyalt több szintű, hierarchikus rendszerek esetében. Az optimális tartalékkészlet elrendezése dinamikus programozású rekurrens összefüggés ciklikus alkalmazásán alapszik. *Kesselyák, P.* (MNK) a távbeszélő-központokban alkalmazott áramkörök paramétereinek türéseiből származtatott megbízhatósági tartalékok kérdésével foglalkozott. Az alkatrészek megbízhatóságának becslése nagy mértékben függ attól, hogy adott alkalmazási körülmények között mit tekintünk meghibásodási kritériumnak. Az alkatrészek laboratóriumi megbízhatósági vizsgálatai során a paraméterekre rendszerint szűkebb türéshatárokat írnak elő, mint az alkalmazási feltételek között. Ez azt jelenti, hogy a felhasználás során ezeknek az alkatrészeknek megbízhatósága várhatóan jobb lesz, mint a laboratóriumi vizsgálatok alapján előre jelzett érték. Ez a tulajdonság tartaléknak tekinthető és felhasználható a rendszerek megbízhatóságának növelésére. Például a távbeszélő-központok logikai áramköreiből használt ellenállások megengedhető változása  $\pm 30\%$ , szemben a laboratóriumi vizsgálatok esetén megengedett  $\pm 5\%$ -kal. Ez azt eredményezi, hogy az ellenállások üzemi megbízhatósága ezekben a logikai áramkörökben 1,5 nagyságrenddel jobb, mint az előre jelzett érték. Megjegyzendő, hogy további egy nagyságrenddel való javítást eredményezett az üzemi és laboratóriumi igénybevételi feltételek (hőmérséklet, villamos terhelés stb.) közötti eltérés is.

A megbízhatósági jellemzők becslésével számos előadás foglalkozott. *Hartler, G.* (NDK) regressziós modellek segítségével vizsgálta hogyan függ az elektronikai alkatrészek megbízhatósága az igénybevételi körülményektől. Az alkalmas regressziós modell típusa függ az alkalmazott megbízhatósági jellemzőtől. Ha az alkatrészek működési idő-eloszlását vizsgáljuk, akkor az eloszlás paraméterei függenek az igénybevételtől. Ha a megbízhatóságot egy mérés jellemző időfüggvényével írjuk le, akkor a megfelelő modell egy időtől függő ún. hatásfelület. *Rejtő, L.* és szerzőtársai (MNK—KANADA) véletlenszerűen csonkított adatokból származtatott becsléseket adtak meg a működési idő eloszlására, sűrűségfüggvényére és meghibásodási rátájára. A szerzők bebizonyították, hogy becslések erősen konzisztensek, *Balogh, A.* (MNK) a megbízhatóság-elméletben használt általánosított eloszlások jellemzését adta meg adott típusú torzítatlan becslésekkel. *Sarkadi, K.* (MNK) valószínűségszámítási módszerekkel bizonyította be *Bartoszewicz* lengyel matematikusnak a „3. Megbízhatóság az elektronikában” Szimpóziumon ismertett, Laplace-transzformáció segítségével bizonyított tételét. A tétel állítása a következő: exponenciális működési idő-eloszlás esetén, adott T időtartamig folyó vizsgálat során a megfigyelt összes működési idő és meghibásodási szám által adott statisztika nem teljes, ha a vizsgálati mintanagyság legalább 2.

*Mukherjee, S. P.* (India) függő elemekből álló rendszerek működési idő-eloszlására vonatkozó általános eredményeket ismertetett. Összefüggéseket mutatott ki a soros-, párhuzamos és tartalékoltt rendszerek működési idő-eloszlásai között. *Szeloch, F.* (LNK) elektronikai alkatrészek megbízhatóságának oksági modelljét vizsgálta. Feltételezve, hogy ismerjük a termék fizikai állapotait befolyásoló összes tényezőt és degradációs folyamatot, a megbízhatóság közvetlenül kiszámítható. *Czechowski, A.* (LNK) a megbízhatóságnak a tétel minőségi értékelésére gyakorolt hatását tárgyalta. Mivel a gyártó és felhasználó ellenőrző vizsgálata között idő telik el, további meghibásodások is előfordulhatnak. Ezért a meghibásodási rátát erre az időre is becsülni kell. *Goranova, E.* (BNK) a megbízhatóság biztosításának szabványosítási kérdéseivel foglalkozott előadásában.

A megbízhatósági vizsgálatok eredményeinek értékelésére alkalmazott számítógépes módszerekről három előadás hangzott el. *Barta, Gy.* (MNK) egy programrendszert ismertetett, amely három fő részből áll: adatfeldolgozás, megbízhatósági jellemzők értékelése és az ún. tervezés. A tervezés lehetővé teszi a vizsgálatok tervezését, a meghibásodási paraméterek előre jelzését, a szolgáltatási-karbantartási tevékenységek becslését, az optimális karbantartási stratégiák megválasztását. *Chrobak, O.* (CSZSZK) rendszerek megbízhatóságának értékelésére alkalmazott, kis számítógépekre kidolgozott programokat ismertetett. *Váradi, I.—Balogh, A.* (MNK) az integrált áramkörök megbízhatósági vizsgálati eredményeinek értékelésére használt számítógépes programokat ismertette, valamint a berendezések megbízhatóságának előrejelzésére szolgáló szimulációs eljárást tárgyalta.

Az előadásokban között információk és az előadásokat követő vita alapján megállapítható volt, hogy az elméleti kutatások során mind nagyobb figyelmet kell fordítani a nagyberendezések megbízhatósági jellemzőinek meghatározására, a karbantartási stratégiák optimális változatának megkeresésére, valamint a gyakorlati alkalmazását elősegítő közelítőképletek meghatározására.

Az elméleti szekció előadásaihoz kapcsolódóan került sor a „Megbízhatóság elmélete és gyakorlata közötti kapcsolat” című kerekasztal-vitára.

A megbeszélésen több, mint 40 szakértő vett részt és számos hozzászóló fejtette ki véleményét, hogyan lehet megszüntetni, illetve csökkenteni az elmélet és gyakorlat közötti sajnos még meglevő széles „szakadékot”.

Rámutatott arra, hogy a nemzetközi szervezetek keretében végzett, jól szervezett szabványosítási tevékenységek is hozzájárulhatnak ennek a célnak eléréséhez. Különösen fontos, hogy a gyakorlati szakemberek számára a matematikai modelleket és képleteket számukra érthető formában fogalmazzák meg. Az elméleti modellek felhasználásának feltételeire vonatkozó megalapozott döntést a vállalati vezetésnek (management) kell megtennie. A megbízhatósági adatok meghatározása, az adatvizsgáló jelentési rendszerek kialakítása nagymértékben elősegíti az elméleti eljárások gyakorlati megvalósítását. A kerekasztal-megbeszélés végül a megbízhatóság oktatási kérdéseivel is foglalkozott. Megállapították, hogy mind az egyetemi oktatásban, mind pedig a szakmai továbbképzés keretében a mérnököknek megbízhatósági ismeretekre kell szert tenniük.

## 2. szekció: Integrált áramkörök és elektronikai alkatrészek megbízhatósága

A szimpózium 2. szekciója az alkatrészek megbízhatósági kérdéseivel foglalkozott. Az előadások többsége az új vizsgálati módszerek alkalmazása területén szerzett tapasztalatokról számolt be. A szekció előadásaiiban különös hangsúlyt kapott a gyártástechnológia és a megbízhatóság kapcsolata. A szekcióban 34 előadás hangzott el.

A szekcióban megtartott első három előadás a megbízhatóság biztosításának általános kérdéseivel foglalkozott. *Sauer W.* (NDK) az elektronikai eszközök és alkatrészek gyártása során alkalmazott megbízhatósági módszerekről szóló előadásában rámutatott arra, hogy a gyártási eljárások megbízhatósága nem kevésbé fontos, mint az alkatrészeké és rendszereké. Törekvéseik a vonatkozó elmélet megalapozására irányulnak. A gyártási eljárásokat elemekre bontják és az elemekre meghatározott intenzitás adatokból következtetnek a gyártási folyamat megbízhatóságára. *Serbezova, N.* (Bulgária) az elektronikus készülékek tervezése során alkalmazott, a megbízhatóság specifikálását és becslését szolgáló gyakorlati módszerekről nyújtott áttekintést. *Bráda, F.* (Magyarország) az elektronikai alkatrészek megbízhatósági szintjének növelését elősegítő szűrő- és rövid idejű vizsgálati módszerek jelentőségét hangsúlyozta. Rámutatott a vizsgálatok fontosságára a gyártás különböző fázisaiban és megvilágította szerepüket a gyártók és felhasználók szempontjából.

A passzív alkatrészekre és hibridáramkörökre vonatkozó előadások a gyártástechnológia és megbízhatóság összefüggéseit, valamint a vizsgálatok során szerzett tapasztalatokat ismertették. *Kolonits, V.* (Magyarország) a NiCr vékonyréteg-ellenállások gyorsított vizsgálatának lehetőségeit elemezte. Beszámolt arról, hogy a rövid tartamú, megnövelt terheléssel végzett vizsgálatok alapján meghatározott regressziós görbék extrapolálása jó élettartam becslést tesz lehetővé. *Rysanek, W.* (Csehszlovákia) a rezisztív rendszerek stabilitásának előrejelzésével foglalkozott. Tapasztalataik szerint a váltakozó áramú

nonlinearitás mérés alkalmas ellenállások és félvezetők fontos tulajdonságaiban bekövetkező változások előrejelzésére és lehetővé teszi a hosszú idejű élettartam-vizsgálatok lerövidítését.

*Petrikovits, L.* (Magyarország) egyik előadásában a poliészter kondenzátorok váltakozó áramú élettartam-vizsgálata során szerzett tapasztalatokról számolt be, mely szerint a katasztrófális meghibásodások az ionizációra voltak visszavezethetők, a kisülések következtében káros szennyeződések is keletkezhetnek. *Petrikovits, L.* másik előadásában Ni ellenelektródával kialakított vékonyréteg tantál kondenzátorokon végzett lépcsős és hosszú idejű élettartam-vizsgálatokról adott tájékoztatást. A vizsgálatok eredménye szerint 10 V üzemi feszültség és 70 °C hőmérséklet mellett a kondenzátorok meghibásodási rátája  $10^{-9}$ /h nagyságrendű és így alkalmasak hibrid áramkörökben való alkalmazásra. A meghibásodás valószínűsége a kapacitás értékével növekszik.

*Guyonnet, J.* (Franciaország) a kondenzátorok megbízhatóságával foglalkozó előadásában áttekintést nyújtott a témakör történeti fejlődéséről, a megoldott és megoldásra váró feladatokról. Az alkatrészek megbízhatóságának növelését szolgálhatják az IEC-szabványok megbízhatósági adatokra vonatkozó előírásai, a nemzetközi minőségellenőrző rendszerek, a vizsgálati és minősítési módszerek továbbfejlesztése.

*Jablonski J.* (Lengyelország) a vastagréteg hibrid mikroáramkörök belső huzal kötéseinek megbízhatóságáról nyújtott értékelést. *Glaser, P.* (Magyarország) a félvezető és hibrid eszközökben egyaránt alkalmazott Au-Al termokompressziós kötések tanulmányozása során szerzett tapasztalatokat ismertette. A 150 °C hőmérsékleten végzett 5000 óra tartamú tárolás-igénybevétel követően végrehajtott elektronmikroszkópos, elektronmikroszkopos és röntgen-difrakciós vizsgálatok lehetővé tették a hibamechanizmus meghatározását. *Zednicek, S.* (Csehszlovákia) a hibrid integrált áramkörök megbízhatósága biztosításának néhány szempontjával foglalkozott, *Hajdú, L.—Göblös, I.* (Magyarország) a megbízható hibrid integrált áramkörök konstrukciós problémáit tekintette át hangsúlyozva, hogy a tervező-fejlesztő munka csak akkor lehet eredményes, ha a technológia hatásosságát és a megbízhatóságára gyakorolt hatását a gyártás minden szakaszában ellenőrzik.

A félvezető eszközökről szóló előadások a mikrohullámú félvezetők és az integrált áramkörök megbízhatóságát befolyásoló technológiai kérdéseket és vizsgálati eljárásokat tárgyalták. *Piacentini, G. F.* (Olaszország) a mikrohullámú teljesítménytranszisztorok és a felhasználásukkal épített rádióhálózatok megbízhatóságának összefüggéseit elemezte. Beszámolt a mikrohullámú teljesítménytranszisztorok nagyfrekvenciás feltételek mellett végzett gyorsított élettartam-vizsgálatának tapasztalatairól, melynek alapján ajánlásokat dolgoztak ki a rendszertervezők részére. *Mojzes, I.* (Magyarország) magyar gyártmányú GUN-diódátípusok megbízhatósági vizsgálatának tapasztalatait ismertette. *Kadereit, H.* (NSZK) az ürku-tatásban felhasznált mikrohullámú integrált áramkörök megbízhatósági vizsgálatáról nyújtott tájékoztatást. A kerámia-hordozójú mikrohullámú vékonyréteg integrált áramköröket 250 °C hőmérsékletű tárolási igénybevételnek,  $-55...+125$  °C ciklikus hőmérsékletváltozás-igénybevételnek, valamint gyorsulás- és rázás-igénybevételnek vetették alá és vizsgálták egyenáramú és nagyfrekvenciás viselkedésüket. A vizsgálatok tapasztalatai fejlett gyártási eljárásokat tükröznek. *Lewandowski, J.* (Lengyelország) a mikrohullámú eszközök szerelési módszereit tanulmányozta, a megbízhatóság növelése szempontjából és rámutatott arra, hogy a szerelési műveletek és néhány technológiai paraméter hogyan befolyásolhatja a mikrohullámú eszközök statikus- és zaj-jellemzőit.

*Reich, B.* (USA) a műanyag tokozású félvezetők és integrált áramkörök megbízhatóságával foglalkozó előadásában kifejtette, hogy a megbízhatóságot nem csupán a tokozás minősége, hanem a chip tisztasága, a passzív réteg és a fémrendszer tulajdonságai is befolyásolhatják. Tökéletes tokozású anyag nincsen, kompromisszumos megválasztásához megfelelő minőségellenőrző módszerek szükségesek. *Gerich, W.* (Csehszlovákia) a műanyag tokozású integrált áramkörökben fellépő ezüst-migráció jelenségét vizsgálta. A kivezetésekből származó ezüst a kivezetések között átvezetést, áramszivárgást okozhat. Az elvégzett gyorsított vizsgálatok kimutatták, hogy a jelenléte a forrasztáshoz használt vegyszerek is elősegíthetik. A megfelelő tisztítással a migráció veszélye jelentősen lecsökkenthető.

*Borri, F.* (Olaszország) a Ti-Pt-Au fémezést tartalmazó félvezető eszközök megbízhatóságát hasonlította össze a hagyományos műanyag tokozású, Al fémezésű integrált áramkörökével. A végzett vizsgálatok és hibaanalízis azt bizonyítja, hogy a hármass fémezést és kettős passziválást tartalmazó technológiák jelentősen javítják az eszközök megbízhatóságát szigorú nedvesség és hőmérséklet környezeti feltételek esetén. *Kalmár, G.* (Magyarország) egyik előadásában a félvezetőgyártásban alkalmazott mikrokötések hibamechanizmusának vizsgálati tapasztalatairól számolt be, másik előadásában TTL SSI-áramkörök hosszú idejű megbízhatósági vizsgálatainak eredményeit ismertette. A gyorsított igénybevételekből, egyenáramú és kapcsoló üzemi terhelésvizsgálatokból álló vizsgálatsorozattal  $10^{-9}...10^{-7}$ /h meghibásodási ráta volt igazolható.

A nagy bonyolultságú integrált áramkörök megbízhatósági kérdéseivel foglalkozott *Holinski, M.* (Lengyelország) aki olyan számítógépes tervezési módszert ismertetett, mellyel a nagy sorozatban gyártott, statisztikusan ellenőrzött LSI chip-ek megbízhatósági vizsgálati módszerei optimalizálhatók. *Sindelár, B.* (Csehszlovákia) a félvezetőmemóriák megbízhatóságának vizsgálati módszereit és ezek lehetséges megoldásait ismertette, *Pechovcek, M.* (Csehszlovákia) pedig billenőáramkörök által okozott véletlen hibák kérdéseivel foglalkozott.

*Tomasek, K.* (Csehszlovákia) a MIS integrált áramkörök megbízhatósági tulajdonságainak analizéséből származó eredmények általánosításáról beszélt előadásában. *Ruge, I.* (NSZK) — akinek előadását *Reichel, D.* olvasta fel — a szilíciumlapkák technológiai eljárásai során végzett vizsgálatok lehetőségeit ismertette. *Ivanov, P.* és szerzőtársai (Bulgária) a PTI—100 és PTI—400 típusú tirisztor teljesítményimporterek megbízhatósági vizsgálatairól és megbízhatóság biztosítási módszereiről számoltak be.

Az elektromechanikai alkatrészek megbízhatósági kérdéseivel a szimpózium négy előadása foglalkozott. *Fejér, Gy.* (Magyarország) a nyomtatott áramköri csatlakozások megbízhatósági vizsgálati terén szerzett tapasztalatokról számolt be, mely szerint a lépcsős igénybevételek jól ellenőrzött feltételek esetén lehetőséget nyújtanak gyorsított megbízhatósági vizsgálatok lefolytatására. *Sugár, G.* (Magyarország) az elektromechanikus alkatrészek megbízhatósági vizsgálatainak kiértékelésére szolgáló számítógépes módszereket és az e célra kidolgozott számítógép-programokat ismertette. *Weyhing, H.* (NSZK) a soksarkú csatlakozók forrasztás nélküli bekötési eljárásait, ezek fejlődési irányait mutatta be, utalva arra, hogy az új eljárások hogyan fokozzák a csatlakozók és az ezek felhasználásával felépített rendszerek megbízhatóságát. *Francyk, J.* (Lengyelország) előadásában a kapcsolók és kapcsológépek stabilitásának és megbízhatóságának kérdésével foglalkozott.

A 2. szekció előadásaival összefüggésben „Anyagvizsgálatok szerepe a megbízhatóságban” témakörben kerekasztal-megbeszélés megszervezésére is sor került. E megbeszélésen a felkért hozzászólók az anyagvizsgálatok hibaanalízisben betöltött szerepéről, az anyagvizsgálati módszerekről a mérendő és mérhető jellemzőkről és az anyagvizsgálat alkatrészgyártásban felmerülő feladatairól tartottak vitaindító előadásokat. A kerekasztal-megbeszélésen lefolytatott vita során az az általános vélemény alakult ki, hogy alapvető fontosságú az anyagtulajdonságoknak és ezek változásainak lehetőség szerint roncsolásmentes vizsgálatokkal történő regisztrálása és ezen adatoknak a megbízhatósági jellemzőkkel együtt történő statisztikai feldolgozása. A vizsgálati módszerek közül különösen az Auger elektronspektroszkópia alkalmazásának szükségességéről alakult ki vita.

### 3. szekció: Elektronikai rendszerek és berendezések megbízhatósága és használhatósága

A szekcióban elhangzott 29 előadás témakörét tekintve három csoportba sorolható:

- berendezések és rendszerek megbízhatóságának általános kérdései;
- konkrét berendezések és rendszerek megbízhatósági problémái;
- távközlő-hálózatok használhatósági jellemzőinek meghatározása és tervezése ezekre a jellemzőkre.

Az előadások döntő többsége az első témakörrel foglalkozott. *Bukkievicz, S.* (LNL) a Thom-féle katasztrófa-elméletet al-

kalmazta érintkezők megbízhatóságának előrejelzésére. *Casale, R.*—*Riciniello, F.* (Olaszország) előadásukban költségmodell ismertettek rendszerek megbízhatóságának tervezéséhez. A modell lehetővé teszi az optimális teljes évi költségmegtározását a meghibásodási ráta és az átlagos javítási idő függvényében. *Lacey, W. A. C.* (Anglia) a teljes rendszer megbízhatóság fogalmát úgy értelmezte, hogy a tartalmazza a tervezés, gyártás és karbantartás alkotófogalmain túlmenően a felhasználók által támasztott igények figyelembevételét is. *Lajtha, Gy.* (MNK) a távközlő-hálózatok használhatóságát növelő tényezőket vizsgálta. A szolgáltatás használhatósága jelentős mértékben függ a gazdasági tényezőktől. Az előadás ezeknek az összefüggéseknek ismeretében határozta meg a hálózattervezés egyes lépéseit, kiemelve a tartalékok alkalmazásának jelentőségét.

*Danek, J.* (CSSZSZK) rendeltetés-orientált rendszerek megbízhatóságának becslését tárgyalta, az elemi funkciók analízise alapján. Az elemi funkciók fokozatos romlásának állapotait, a rendeltetés katasztrófális leromlásának valószínűségét és néhány ezzel kapcsolatos fogalmat vizsgált.

*Maggi, A.*—*Mammucari, F.* (Olaszország) az FDM-berendezések megbízhatósági előírásainak ellenőrzésére tervezett rendszert ismertetett. A rendszer lehetővé teszi az egyes alkatrészek meghibásodási rátáinak meghatározását tényleges működési feltételek között, így biztosítja hasonló berendezések esetében a megbízhatóság pontosabb előrejelzését. *Migdalski, J.* (LNK) függő, azaz egymás működőképességét befolyásoló elemekből álló rendszerek megbízhatóságát határozta meg. *Mindner, D.* (NDK) az elektronikai termékek megbízhatóságának biztosítására szolgáló alapvető intézkedésekről számolt be. Ezek közé sorolta a megbízhatósággal kapcsolatos szabványok kidolgozását, megbízhatóságra vonatkozó információs rendszer felállítását, a megbízhatósági tevékenység megszervezését, a megbízhatósági szakemberek képzését.

*Nándorfi, M.* (MNK) a távközlő-szolgáltatás fenntartásának szervezési kérdéseit tárgyalta és megvizsgálta a felügyeleti szolgáltatás fejlesztése szükségességének okait. A kérdéseket új hálózatok tervezése és régi hálózatok bővítése esetében válaszolta meg. A fenntartásszervezést az előadó a szolgáltatás minőség növelésének egyik módszerének tekintette. *Naiman, K.* és előadótársai (NDK) az elektronikai berendezések megbízhatósági szempontból való tervezését ismertették.

*Tigerman, B.* (Svédország) átviteltechnikai berendezések megbízhatósági adatainak közlési módszerét ismertette. A megbízhatósági adatok közlése azon alapszik, hogy a meghibásodásokat aszerint veszik figyelembe, hogy azok hány csatornát érintenek. *Zamojski, V.* (LNK) olyan megbízhatósági funkcionális modellt ismertetett, amely bonyolult rendszerek megbízhatóságának elméleti vizsgálatára alkalmas. *Zalcman, A.* (LNK) hidegtartalékkal rendelkező, javítható rendszerek megbízhatóságának számítási kérdéseit tárgyalta. *Gubin, N. M.* (SZU) a karbantartás alapvető tudományos módszereivel foglalkozott. *Magyar, I.* (MNK) a szolgáltatás megbízhatósági követelményeinek számítása területén a teljes referencia-áramkörre és egyes részére vonatkozó megbízhatósági követelmények összefüggését tárgyalta.

A konkrét rendszerek megbízhatósági kérdéseinek területén *Czeiner, A.* (MNK) nagy távolságú telefonhálózat átviteli útjainak használhatóságát vizsgálta és az erre vonatkozó

statisztikai adatokat ismertette. *D'Ottavio, A.* és társai (Olaszország) az új digitális pont-pont közötti és felfűzős olasz adathálózat megbízhatósági vonatkozásait tárgyalták. *Farkas Gy.*—*Jereb, L.* (MNK) komplex számítógéprendszer megbízhatósági mutatóit határozta meg. *Keresztényi, I.*—*Ghymes, Gy.* (MNK) előadásukban a távközlő-hálózatok megbízhatóságának növelési módszereivel foglalkoztak. *Lenz, U.* (NSZK) programvezérlésű adatkapcsoló-rendszer használhatóságának biztosítását tárgyalta. A SIEMENS EDS-rendszer telex- és adatközlésre alkalmas, magas megbízhatósági követelményekkel rendelkezik. Ezt tartalékolással, hatékony hibafelkutatási és hibalokalizálási eljárások alkalmazásával biztosítják. *Wazynska-Fiok, K.* (LNK) a vasúti forgalom ellenőrzésében használt elektronikai eszközök megbízhatósági kérdéseivel foglalkozott. *Wolf, H.* (NDK) elektronikai berendezések megbízhatóságát vizsgálta a kezdeti meghibásodások szakaszában. Ebben a közel 1000 órás szakaszban a működési idő eloszlását Wellbull-eloszlással közelítette. *Zafka, M.* (CSSZSZK) a megbízhatóság kérdését az érintkező technikában vizsgálta. Adatgyűjtési módszert ismertetett a megbízhatósági program végrehajtására. *Heger, S.* (LNK) számítógéprendszerek megbízhatóságát tárgyalta az ipari folyamatok irányításának területén.

A rendszerek használhatóságra való tervezése területén *Bonaventura, G.*—*Mocci, U.* (Olaszország) az áramkör-tervezéssel foglalkozott. A telefonhálózatban a kommunikálás lehetősége függ a forgalmat felajánló áramkörök számától, valamint ezek közül a hibás áramkörök számától. A szerző azt a feladatot tartja a legfontosabbnak, hogy a „használhatatlansági valószínűség” értékét minimális költség mellett minimális szinten tartjuk. *Darnóczy, J.* (MNK) vívőrendszerek optimális tervezését tárgyalta. Foglalkozott a forgalom és a megbízhatóság kapcsolatával, a különböző struktúrájú rendszerek költségfüggvényeivel és az optimalizálással kapcsolatos feltételek szélsőérték-feladatok megoldásával.

*Jereb, L.*—*Farkas, Gy.* (MNK) a távközlő-szolgáltatás minősítésére alkalmazott olyan mértéket, amely a megbízhatóságot is figyelembe veszi. Ezt használhatóságnak nevezik, a paraméter meghatározására számítógépes algoritmust dolgoztak ki az előadók. *Peregi, Zs.* (MNK) távközlési-hálózat használhatóságának számítására alkalmazott programrendszert ismertetett, amely használható szövevényes hálózatszámításra kerülő út nélkül és vegyes hálózatra kerülő utakkal.

A 3. szekció keretében kerekasztal-megbeszélést tartottak „Rendszerek és hálózatok használhatósági jellemzői” témakörben.

A legfontosabb megállapítások a következők voltak:

- A használhatóság szempontjából elsődlegesnek az előfizető által támasztott követelményeket kell tekinteni;
- Figyelembe kell venni a forgalom befolyásoló szerepét a megbízhatósági és használhatósági tervezésnél;
- A hálózatra megbízhatósági mutatót, a szolgáltatásra használhatósági mutatót kell megadni. Konkrét számértéket kell rögzíteni a követelményekre és felosztási elvet kell megadni a részekre. Ezt CCITT-szinten kell megállapítani, hogy ez ne képezhesse vita tárgyát a gyártó és az üzemeltető között.

Balogh Albert—Kauszer Dénes—Nándorfi Gyuláné