

Elektronikai alkatrészek megbízhatósági adatainak közlése

ÉTO 006.44(439):621.38.019.3

A nagymegbízhatóságú berendezések tervezéséhez olyan tényadatokon alapuló alkatrész-megbízhatósági jellemzők ismerete szükséges, amelyek segítségével a berendezések, illetve a berendezésekben működő áramköri egységek megbízhatósági jellemzője meghatározható. Ezen adatok többsége az alkatrészek megbízhatósági vizsgálatainak eredményei alapján határozható meg. Az alkatrészek megbízhatósági adatainak meghatározására és azok gyakorlati felhasználására [1] tanulmányban kaphatunk részletes információt.

Az alkatrész-megbízhatóság jellemzőinek gyakorlati alkalmazását nagymértékben elősegíti az egységes adatközlési rendszer kidolgozása. Ezt a rendszert az MSZ 11 010 — Elektronikai alkatrészek megbízhatósági adatainak közlése — szabvány [2] foglalja össze. Az MSZ 11 010 szabvány az IEC 319 Publikáció figyelembevételével készült el, így nemzetközileg elfogadott előírásokon alapul. Jelen közleményben áttekintést adunk az MSZ 11 010 szabvány legfontosabb adatközlési formáiról, valamint példákkal igyekszünk megvilágítani az adatközlés gyakorlati felhasználásának legfontosabb területeit. A tanulmány befejező részében összefoglaló ismertetést adunk a megbízhatósági jellemzők közléséhez szükséges gépi adatfeldolgozási eljárásról, amelynek segítségével gyorsan és gazdaságosan szolgáltatathatók a megbízhatósági adatok.

1. Az adatközlés általános kérdései

Az alkatrészek megbízhatósági adatainak közlése kiterjed mind az alkatrész műszaki jellemzőinek ismertetésére, mind az adott környezeti és igénybevételi feltételek mellett végzett vizsgálatok során megfigyelt adatokra és az ezekből származtatott megbízhatósági és stabilitási jellemzőkre. Ennek megfelelően az adatközlés tartalmazza:

- a vizsgált alkatrész műszaki adatait,
- a vizsgálati feltételeket,
- a vizsgálatok során megfigyelt tényadatokat,
- az alkatrészek jellemzőinek változására vonatkozó statisztikát és
- a meghibásodások alapján számított megbízhatósági jellemzőket.

A fenti legfontosabb információk közül különösen az utolsó két adatsoportot kell kiemelnünk. Az alkatrészek üzemi körülmények közötti felhasználását ugyanis leghatékonyabban az alkatrészek stabilitása és meghibásodása befolyásolja. Ezért mindkét tulajdonságra részletes adatközlést kell szolgáltatni.

2. A vizsgált alkatrész műszaki adatainak közlése

Az alkatrészekre közölt adatoknak természetesen összhangban kell lenniük az alkatrészeire vonatkozó termékszabvánnyal és a vizsgálati szabvánnyal. Ennek megfelelően a következőket kell megadni:

- az alkatrész típusát (pl. kristályoszen rétegellenállás axiális huzalkivezetéssel),
- az alkatrészeire vonatkozó szabvány számát és kiadásának időpontját,
- az alkatrész típusjelét,
- az értékhatárokat és a jellemzőkre vonatkozó információt (pl. a vizsgálat hőmérséklet-határai),
- a gyártót, a gyártás helyét és időpontját,
- a gyártás jellegét (pl. tömeggyártás),
- a vizsgálat jellegét (pl. rendszeres gyártási vizsgálat vagy szűrővizsgálat),
- a mintavétel módját (pl. véletlenszerű mintavétel egy 10 000 db-os tételből; a megbízhatósági vizsgálatok mintavételi terveinek részletes ismertetésével a [3], [4] és [5] tanulmányok, valamint a [6] és [7] szabványok foglalkoznak).

A vizsgált alkatrész műszaki adatainak közlése például az 1. táblázat szerint történhet.

1. táblázat

A vizsgált alkatrész műszaki adatai

Alkatrésztípus: Kristályoszen rétegellenállás	A vizsgálat száma:
Értékhatárok: 100 ohm—4,7 Mohm	Időpont:
A gyártó és a gyártás helye:	A vizsgálati eredmények szolgáltatója: Gyártó MEO
A gyártó típusjele:	A gyártás időpontja:
A vonatkozó alkatrészsabvány	A gyártás jellege: tömeggyártás
A mintavétel módja: véletlen mintavétel, exponenciális eloszlás alapján	
A vizsgálat jellege: tartós terhelés vizsgálat	

3. A vizsgálati feltételek leírása

A vizsgálati feltételek felsorolása előtt közölni kell a vizsgálatot elvégző és az eredményeket szolgáltató intézmény megnevezését (pl. a gyártó vállalat minőségellenőrzési osztálya).

A vizsgálati feltételek leírásának a következőket kell tartalmaznia:

– környezeti és igénybevételi feltételek (pl. környezeti hőmérséklet °C-ban kifejezve, villamos igénybevétel a névleges terhelhetőségre vonatkoztatott százalékos értékben megadva),

– a vizsgált alkatrészek névleges értékei és azok vizsgálati darabszáma,

– a mért jellemzők (pl. ellenállásérték) és a mérési feltételek megadása,

– a vizsgálat időtartama és a mérési időpontok (pl. 10 000 órás vizsgálat, mérési időpontok: 0, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10 000 óra).

A vizsgálati feltételek leírása például a 2. táblázat szerint valósítható meg.

2. táblázat

Vizsgálati feltételek

A vizsgált alkatrészek névleges értékei: 0,25 W 100 ohm, 10 kohm, 1 Mohm	A vizsgálat megkezdésének és befejezésének időpontja:
A vonatkozó vizsgálati előírások:	A vizsgálati igénybevételek: 40 °C környezeti hőmérséklet, névleges villamos terhelés

A meghibásodási kritériumok: a 2%, 5% és 10%-nál nagyobb ellenállásváltozás, teljes meghibásodás

4. A vizsgálat során megfigyelt tényadatok közlése

A vizsgálat során megfigyelt alkatrész-jellemzők változását leíró adatok ismertetését az 5. pontban tárgyaljuk. Ezen túlmenően a következő adatokat szükséges közölni:

– a megfigyelt meghibásodások számát vizsgálati feltételenként osztályozva,

– az értékelés során figyelembe nem vett alkatrészek számát, például a jellemzők változására vonatkozó adatok közlésénél a katasztrofális meghibásodások számát vagy a kiugró változást mutató alkatrészek számát,

- a meghibásodási időpontokat,
- a vizsgálat alatt előfordult, különleges eseményeket,
- meghibásodási mechanizmusokat,
- az elhagyott vizsgálati eredményeket és elhagyásuk okát.

A vizsgálat során megfigyelt adatok közlése a 3. táblázat szerint történhet.

3. táblázat

A vizsgálat során megfigyelt adatok

A vizsgálat időtartama	A vizsgált alkatrészek összes száma	Összes meghibásodások száma			
		Meghibásodási mód: $\Delta R/R$ meghaladja a következő értéket			teljes meghibásodások
		2%	5%	10%	
10 000 óra	100	4	2	1	1

5. Az alkatrészek jellemzőinek változására vonatkozó adatok.

Az alkatrészek jellemzőinek változása a működési idő és az igénybevételek függvényében hasznos információt nyújt a berendezés tervezőinek arra vonatkozóan, hogy milyen feltételek mellett használhatja fel a vizsgált alkatrészt és annak milyen üzemeltetési megbízhatóságával számolhat.

Ezért szükséges az alkatrész-jellemző változására a részletes és áttekinthető adatközlés. Az alkatrész legfontosabb villamos jellemzőinek változása grafikus és numerikus módszerekkel írható le. Mindkét módszer azon alapszik, hogy rendelkezésre állnak az egyes t mérési időpontokban az alkatrész-jellemzőkre vonatkozó mért adatok, amelyeket jelöljünk az n elemű vizsgálati minta i -edik elemére $R_i(t)$ -vel. Az $R_i(t)$ -k (például $t=0, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000, 10\ 000$ óra értékekre) ténylegesen megfigyelt értékei, vagy pedig az azokból származtatott relatív százalékos változások:

$$x_i(t) = \frac{R_i(t) - R_i(0)}{R_i(0)} \cdot 100 \quad (i=1, 2, \dots, n),$$

azaz a kezdeti mérési eredményre vonatkoztatott százalékos változások alapján történik az alkatrész-jellemzők változására vonatkozó adatközlés. Például ellenállások esetében az $x_i(t)$ értékek alapján célszerű megadni a stabilitási adatokra vonatkozó információt.

Az időbeli változáson túlmenően meg kell adni a különböző igénybevételi szintek hatását is az alkatrész-jellemző változására.

Például ellenállások esetében az ellenállásérték idő-, környezeti hőmérséklet- és villamos terhelés függvényében történő változását stabilitási diagramokkal lehet megadni [1].

5.1. Grafikus módszerek

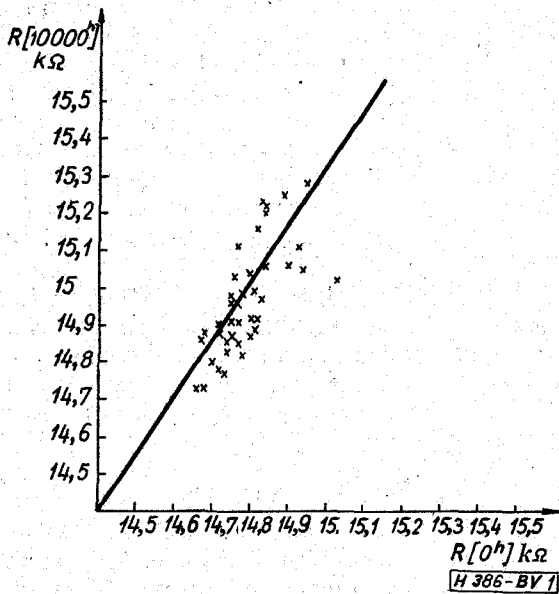
Az alkatrészek jellemzőinek változását azért célszerű grafikus módszerekkel közölni, mert szemléletes képet adnak az alkatrészek megbízhatóságára és stabilitására. A diagramok információt nyújtanak a mérési eredmények eloszlására és lehetővé teszik az eloszlás típusának és az eloszlás statisztikai jellemzőinek kiszámítását.

A diagramok alapján meghatározható a jellemzők idő szerinti függvénye is. A leghasználatosabb grafikus módszerek a következők:

- szóródási diagram,
- valószínűségi háló diagram (valószínűségi papír),
- százalékos diagram.

5.1.1 A szóródási diagram

A szóródási diagram az egyes alkatrészek vizsgálat befejezése után mért értékeit ábrázolja a vizsgálat megkezdésekor mért értékek függvényében. Az 1. ábrán látható példa azt mutatja, hogy a vizsgált minta összes elemére vonatkozó megfigyelések ugyan rendelkezésre állnak, azonban nagyobb számú mintanagyság esetén nem áttekinthető ez az ábrázolási forma. Hátrányaként említendő meg, hogy mind az



1. ábra. Szóródási diagram

időfüggvényre, mind a jellemző eloszlására igen kevés információt nyújt. Ezért ennek a módszernek gyakorlati alkalmazása csak egyes esetekben célszerű, főként rövid idejű vizsgálatok és kis vizsgálati darabszámok esetében.

5.1.2 A valószínűségi háló diagram

A valószínűségi háló diagramon a vizsgált alkatrész-jellemző, illetve annak relatív változása, tapasztalati kumulatív eloszlása ábrázolható valamilyen ismertnek feltételezett valószínűségi eloszlástípus esetében.

A gyakorlatban leghasználatosabb az ún. Gauss-papír, amelynek abszcisszája lineáris skálabeosztású (normális eloszlás) vagy logaritmikus beosztású (log-normális eloszlás), ordinátája pedig a standardizált normális eloszlás eloszlásfüggvényének táblázatos értékei szerint meghatározott skálabeosztással rendelkezik. Ez azt jelenti, hogy a tapasztalati adatok ábrázolása során akkor kapunk egyenest, ha az alkatrész-jellemzők eloszlása jól közelíthető normális (vagy log-normális) eloszlással.

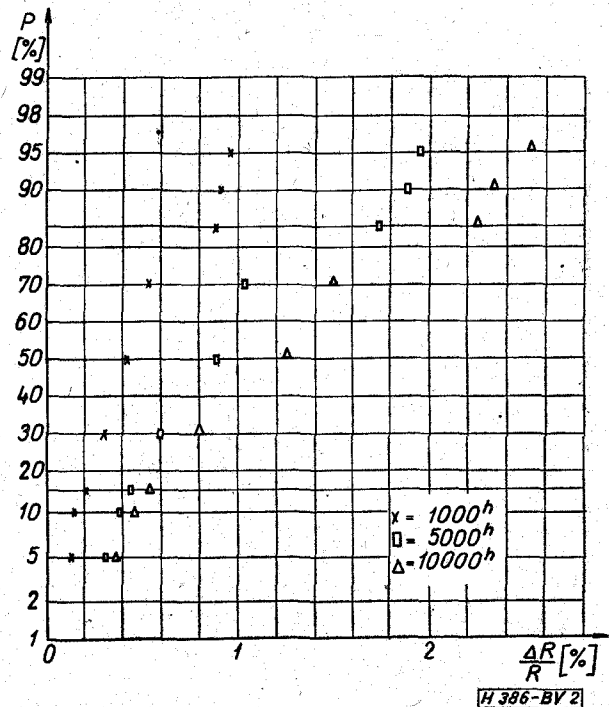
A diagram elkészítése a következőképpen történik: Az adott időpontban megfigyelt mérési eredményeket vagy azokból származtatott relatív százalékos eltéréseket nagyság szerinti sorrendben rendezzük el. Ha a vizsgált minta nagyságát n jelöli és k jelenti a nagyság szerinti sorrendben a k -adik megfigyelés sorszámát, akkor az adott k értékhez tartozó P tapasztalati valószínűség %-ban kifejezett értéke a következőképpen számítható ki:

$$P = \frac{100}{n} \left(k - \frac{1}{2} \right) \quad (k=1, 2, \dots, n). \quad (1)$$

Például, ha $n=50$ elemű mintát vizsgálunk és az erre vonatkozó mérési eredményeket nagyság szerinti sorrendben elhelyezzük, akkor a legkisebb mért értékhez ($k=1$) a $P = \frac{100}{50} \left(1 - \frac{1}{2} \right) = 1\%$ -os pont, a má-

sodik legkisebb mért értékhez ($k=2$) a $P = \frac{100}{50} \cdot \left(2 - \frac{1}{2} \right) = 3\%$ -os pont, a 10-edik legkisebb értékhez ($k=10$) a $P = \frac{100}{50} \left(10 - \frac{1}{2} \right) = 19\%$ -os pont tartozik.

Így a mért értékeket az abszcisszán ábrázolva, a hozzájuk tartozó függvényértékeket pedig az (1) képlet szerint kiszámítva és ábrázolva, megszerkeszthető a valószínűségi háló diagram. A 2. ábrán látható példa a valószínűségi háló diagramra. A valószínűségi háló diagramon több mérési időpontban megfigyelt tapasztalati eloszlás is ábrázolható, azonban ebben az esetben előfordulhat, hogy az egyes időpontokhoz tartozó eloszlás-görbék metszik egymást. A Gauss-papíron történő ábrázolás megmutatja azt is, hogy a tényleges eloszlás milyen mértékben tér el a normális eloszlástól. Az eljárás előnye, hogy minden mintanagyság esetében alkalmazható, azonban természetesen az egyes alkatrészek mérési eredményei nem azonosíthatóak.



2. ábra. Valószínűségi háló diagram

5.1.3 Százalékos diagram

A százalékos diagram a vizsgálati idő függvényében megadja, hogy a vizsgált minta előre megadott P százaléka milyen mért értéknél vagy milyen relatív változásnál kisebb. A százalékos diagramot a következő P értékekre célszerű megszerkeszteni: $P=5, 10, 15, 50, 85, 90$ és 95% .

A százalékos diagram elkészítése a következőképpen történik:

Minden mérési időpontban a megfigyelt mérési értékeket vagy relatív változásokat nagyság szerinti sorrendben helyezzük el. Meghatározzuk, hogy adott

P értékhez milyen k sorszám tartozik a következő képletet felhasználva:

$$k = \frac{nP}{100} + \frac{1}{2}, \quad (2)$$

ahol n a mintanagyság.

Meghatározzuk, hogy a (2)-ből kapott k értékhez milyen mért érték vagy relatív változás tartozik és ezt ábrázoljuk az egyes mérési időpontokban, majd az azonos P értékekhez tartozó pontokat összekötve megkapjuk a százalékos diagram P -os időfüggvényét.

A különböző P értékekhez tartozó görbék serege pedig a 3. ábrán látható százalékos diagramot adja.

Példaként számítsuk ki $n=50$ mintanagyság esetén a $P=5, 10, 15, 50, 85, 90$ és 95% -os értékekhez tartozó k értékeket. (2)-ből $P=5$ -re:

$$k = \frac{50 \cdot 5}{100} + \frac{1}{2} = 3; \quad P=10\text{-re: } k = \frac{50 \cdot 10}{100} + \frac{1}{2} = 5,5$$

és így tovább. A számítások eredménye a következőképpen foglalható össze:

$P=5$	10	15	50	85	90	95%
$k=3$	5,5	8	25,5	43	45,5	48

Ez azt jelenti, hogy például a $P=5\%$ -os görbe megszerkesztéséhez a 3. legkisebb mért értéket kell ábrázolni minden mérési időpontban, a $P=95\%$ -os görbénél pedig a 48. értéket kell felvenni a diagramra.

Látható, hogy egyes esetekben a sorszám nem egész szám, ekkor lineáris interpolációt kell végezni a két szomszédos érték között a következőképpen: a $P=10\%$ -os értékhez $k=5,5$ sorszám tartozik, legyen például ellenállásváltozást vizsgálva az 5. legkisebb változás $1,2\%$, a 6. legkisebb változás pedig $1,8\%$, ekkor a $k=5,5$ sorszámhoz a következő ellenállásértéket rendeljük: $1,2 + (1,8 - 1,2)0,5 = \frac{1,2 + 1,8}{2} = 1,5\%$, ami azt jelenti, hogy a vizsgált minta 10% -a az adott időpontban $1,5\%$ -nál kisebb ellenállásváltozást ért el. Általában, ha a (2) képlet alapján számított k érték $k=k' + \alpha$ alakú, ahol k' egész szám és $0 < \alpha < 1$, akkor k -hoz tartozó x_k érték a következőképpen számítható:

$$x_k = x_{k'} + (x_{k'+1} - x_{k'})\alpha.$$

A módszer jól alkalmazható adott időszakban az időbeli folytonos változások közlésére. Alkalmazható minden, legalább 10 elemű minta esetében. A szerkesztési eljárásból következően a különböző $P\%$ értékekhez tartozó görbék nem metszhetik egymást.

A vizsgált jellemző adott időpontbeli eloszlásának alakja becsülhető a görbék közötti relatív távolságokból. Ha szükséges, az eredmények egyes fontos mérési időpontokban valószínűségi háló diagramon újra ábrázolhatók, amely a 2. ábrán bemutatott módszer előnyével jár együtt. Megjegyzendő, hogy azért célszerű az előbbieken említett P értékekre megszerkeszteni a diagramot, mert ezek az értékek a normális eloszlás jellemző pontjait adják, így az ábrázolást megkönnyítik. Például a $P=50\%$ -os pont normális eloszlás esetében az átlaghoz tartozik, a $P=15\%$, illetve 85% -os pont pedig az átlagos \mp szórás értékek felel meg.

A százalékos diagramból a berendezést tervező mérnök meghatározhatja a vizsgált alkatrész stabilitását az idő függvényében és ezt figyelembe veheti az áramkörtervezés során. Ezen túlmenően a görbéből becsülhető az előírt meghibásodási kritériumnak megfelelő

$$\frac{\text{meghibásodási százalék}}{\text{idő}} \approx \text{meghibásodási ráta érték is.}$$

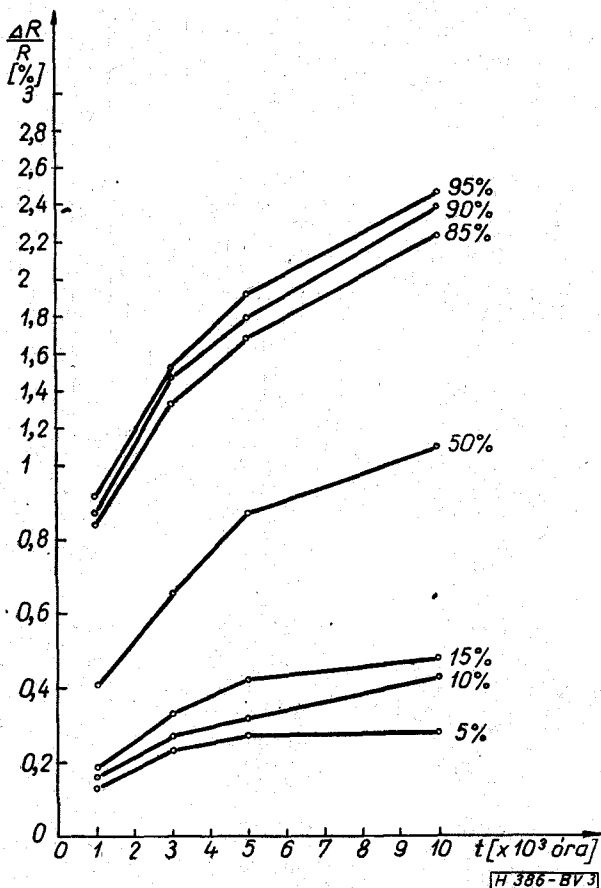
Például, ha az ellenállásváltozásra előírt megengedett tűréshatár $+2\%$, akkor a százalékos diagramból leolvasható, hogy a $P=95\%$ -os görbe milyen t időpontban éri el ezt a 2% -os ellenállásváltozás értéket. Ekkor a vizsgált mintának 5% -a ($100 - P = 100 - 95 = 5$) van az előírt tűréshatáron kívül, így a meghibásodási százalék $= 5$, tehát a meghibásodási ráta közelítő értéke: $\frac{0,05}{t}$. Ha $t=10\ 000$ óra, akkor a

$$\text{meghibásodási ráta: } \frac{0,05}{10\ 000} = 5 \cdot 10^{-6} / \text{óra.}$$

A százalékos diagram fent említett tulajdonságai- ból adódik, hogy a grafikus eljárások közül ez a gyakorlatban legalkalmasabb módszer a stabilitási adatok közlésére.

5.2 Numerikus módszerek

A nagy vizsgálati darabszámú minták megbízhatósági adatainak feldolgozása és értékelése korszerű mérési



3. ábra. Százalékos diagram

módszerekkel és elektronikus számítógépek alkalmazásával végezhető el. Ezek az eljárások szükség-szerűen megkövetelik a numerikus módszerek alkalmazását. A numerikus értékelési és adatközlési módszerek alkalmazása során — a grafikus módszerekhez hasonlóan — az egyes mérési időpontokban megfigyelt alkatrész-jellemző értékeknek vagy azok változásának értékét kell alapadatnak tekinteni.

5.2.1 Csoportosított gyakoriság-eloszlás táblázatok

A csoportosított gyakoriság-eloszlás táblázatok mérési időpontonként megadják a jellemző vagy annak változásának értékeit osztályközök szerint csoportosítva, azaz a táblázatokban megadjuk, hogy egyes értékhatárok között hány darab megfigyelt érték található. Az osztályközök számát 5—10 értékben célszerű megválasztani. A 4. táblázatban láthatunk példát a csoportosított gyakoriság-eloszlás táblázatokra.

A csoportosított gyakoriság-eloszlás táblázat és a százalékos diagram hasonló adatközlési módszernek tekinthető, azzal a különbséggel, hogy a százalékos értékek minden vizsgálatra egységesen előre megválaszthatóak, a csoportosítási osztályközök határainak és szélességének megválasztása azonban mindig függ az adott vizsgálatról. A 7. pontban a gépi adatfeldolgozásra vonatkozó példa ismertetésénél ugyan egységes osztályközöket választottunk meg, azonban ez egyes esetekben túlméretezett adatfeldolgozást eredményezhet.

5.2.2 Statisztikai jellemzők

Sok esetben hasznosnak bizonyulhat a statisztikai jellemzők kiszámítása. Ezek közül legfontosabbak a következők: a minta átlaga és tapasztalati szórása, azaz, ha x_i jelenti az i -edik alkatrészen mért értéket vagy relatív változást, a minta elemszáma pedig n , akkor az átlag

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3)$$

és a tapasztalati szórás pedig

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n x_i^2 - n\bar{x}^2}{n-1}} \quad (4)$$

Ha kiesők fordulnak elő a mintában, akkor azokat meghatározott kritériumnak megfelelően ki kell venni az értékelésből, a kivett értékeket fel kell tüntetni és számukat meg kell adni az eredmények közlésénél. Az 5. táblázatban láthatunk példát a statisztikai jellemzők közlésére vonatkozóan.

6. A meghibásodási rátákra vonatkozó adatok közlése

A megbízhatósági adatok közlése az alkatrész-jellemzők változásán túlmenően kiterjed a megbízhatósági jellemzők értékeinek ismertetésére. Ezek közül legismertebb a meghibásodási ráta. A meghibásodási ráta adatok közlése során meg kell határozni a következő értékeket:

4. táblázat

Csoportosított gyakoriság eloszlás

Százalékos ellenállásváltozás tartomány	Százalékos ellenállásváltozás				
	500	1000	2000	5000	10 000
Kisebb, mint 0	0	0	0	0	0
0—0,2	15	6	1	0	0
0,2—0,4	16	13	8	5	3
0,4—0,6	4	11	8	7	5
0,6—0,8	5	3	8	7	5
0,8—1,0	0	7	5	5	4
1,0—1,2	0	0	3	6	3
1,2—1,4	0	0	1	2	7
1,4—1,6	0	0	5	1	3
1,6—1,8	0	0	1	3	2
1,8—2,0	0	0	0	3	1
Nagyobb, mint 2	0	0	0	1	7
Összesen	40	40	40	40	40

5. táblázat

A jellemző változására vonatkozó statisztikai adatok közlése

Vizsgálati órák:	500	1000	2000	5000	10 000
Mintanagyság:	40	40	40	40	40
Százalékos ellenállásváltozás átlaga:	0,29	0,454	0,76	0,942	1,223
Százalékos ellenállásváltozás szórása:	0,19	0,254	0,417	0,517	0,679
2% ellenállásváltozást meghaladó alkatrészek száma:	0	0	0	1	7
Katasztrofális teljes meghibásodások:	0	0	0	0	0

- a meghibásodási kritériumokat,
- a meghibásodási ráta megfigyelt és becsült értékét,
- az igénybevételek hatását.

A meghibásodási ráta helyett más mennyiségi jellemző is megadható, például az átlagos tényleges működés (működési idő), az átlagos élettartam, a tájékoztató élettartam (γ %-os élettartam) stb.

6.1 A meghibásodási kritériumok

A jellemzők megengedett változására vonatkozó kritériumokat a részletes információszolgáltatás érdekében mindig meg kell adni. Célszerű egy szigorú (nagy megbízhatósági követelményt jelentő), egy közepes (közepes megbízhatóságot reprezentáló) és egy enyhe (kisebb megbízhatósági követelményt teljesítő) meghibásodási kritériumot meghatározni. Ezekre és a teljes meghibásodásokra vonatkozóan kell a megbízhatósági jellemzőket közölni.

6.2 A meghibásodási ráta

A meghibásodási ráta értékek közlését a működési idő eloszlásának ismeretében kell elvégezni. Rend szerint feltételezzük, hogy ez az eloszlás exponenciális eloszlás, így a meghibásodási ráta állandó. Ez esetben közölni kell a meghibásodási ráta megfigyelt értékét vagy pont-becslését [1], amelyet az adott időtartam alatt bekövetkezett meghibásodások számának és az alkatrészeken megfigyelt működési idők összegének hányadosa határoz meg. Ezt az értéket mindig adott időtartamra vonatkozóan ajánlatos közölni. Például: 1×10^{-6} /óra 10 000 órára vonatkoztatva. A meghibásodási ráta pont-becslésén túlmenően közölni kell a felső konfidencia határt, azaz az ún. becsült értéket is, amely a chi-négyzet eloszlás táblázatából számított értékek és az összes működési időnek hányadosa [1]. Ezt az értéket 60%-os és 90%-os konfidencia szintre vonatkozóan szokásos megadni.

Ha a működési idő eloszlása nem exponenciális, akkor az eloszlásfüggvény paramétereit is közölni kell.

A meghibásodási ráta adatot mindig az előirt igénybevételi szintekkel együtt kell megadni. A meghibásodási ráta függ az igénybevétel módjától és nagyságától, ezért nagyon fontos a meghibásodási ráta és az igénybevétel közötti összefüggések ismerete. Erre közöl példát többek között az [1]tanulmány.

A meghibásodási ráta adatok közlésére ismertett példát a 6. táblázat.

6. táblázat

Meghibásodási ráta adatok

A feltételezett működési idő-eloszlás exponenciális

Meghibásodási ráták 10 ⁻⁶ /óra egységben	Meghibásodási mód: százalékos ellenállásváltozás meghaladja a			Teljes meg- hibáso- dások
	2%	5%	10%-ot	
Megfigyelt érték:	18,82	0	0	0
Becsült %-os felső konfidencia határ				
60%	22,68	2,371	2,371	2,371
egyoldali intervallumra				
90%	31,64	5,758	5,758	5,758
A becsült meghibásodási ráta érvényességi időtartam	10 000 óra			
Tájékoztató élettartam	2660	21 100	21 100	21 100

7. A megbízhatósági adatok gépi feldolgozása

A nagy vizsgálati adatmennyiség korszerű és gazdaságos feldolgozása elektronikus számítógépek alkalmazását teszi szükségessé. A következőkben vázlatosan ismertetjük a Magyar Híradástechnikai Egyesülés ICL-4/50 számítógépére kidolgozott, FORTRAN programnyelven írt gépi programot, ellenállások megbízhatósági vizsgálatai során kapott eredmények feldolgozási példájával illusztrálva.

7.1 Tényadatok és számítható megbízhatósági jellemzők

Az ellenállások megbízhatósági vizsgálata során a méréses eredmények az ellenállásérték különböző mérési időpontokban megfigyelt értékére vonatkoznak. Ezért tényadatként az $R_i(t_j)$ értékek tekintendők, azaz az n elemű vizsgált minta i-edik darabjának t_j időpontban mért értékei, $t_j=0, 100, 250, 500, 1000, 2000$ óra ... stb. Ezekből számíthatók a következő értékek:

- stabilitási adatok,
- az egyes alkatrészekre a kezdeti értékre vonatkoztatott $x_i(t_j)$ százalékos relatív ellenállásváltozás:

$$x_i(t_j) = \frac{R_i(t_j) - R_i(0)}{R_i(0)}$$

- a változások $\bar{x}(t_j)$ átlaga (3) képlet alapján számítva,
- a változások $S(t_j)$ szórása (4) képlet alapján számítva,
- a változások eloszlására jellemző $\bar{x}(t_j) \pm kS(t_j)$ ($k=1, 2, 3$) értékek, valamint az ezen értékek közé eső elemek darabszáma,
- a százalékos diagram meghatározásához szükséges pontok kiszámítása a (2) képlet alapján $P=5, 10, 15, 50, 85, 90$ és 95% értékekre,
- a csoportos gyakoriság-eloszlás táblázat összeállítása előre megadott osztályközökre,
- a stabilitási adatok feldolgozása során kiegészítő információként feldolgozzuk a vizsgálat megkezdése előtt az ellenállásokon mért nonlinearitási értékeket is,
- meghibásodási ráta-adatok,
- meghibásodások száma, az egyes mérési időpontokban meghibásodási kritériumok szerinti bontásban,

- a meghibásodási ráta megfigyelt értéke az egyes mérési időpontokban (pont-becslése) meghibásodási kritériumok szerinti bontásban,
- a meghibásodási ráta becsült értéke (felső konfidencia határa) az egyes mérési időpontokban, 60, 90 és 95%-os, konfidencia szinten, meghibásodási kritériumok szerint,
- a 95%-os tájékoztató élettartam kiszámítása a fenti adatokból a $t_{95} = \frac{0,05}{\lambda}$; (λ a meghibásodási ráta) képlet alapján.

7.2 A program működése

A program folyamatábrája a 4. ábrán látható. A programmal kapcsolatos legfontosabb megjegyzések a következőkben foglalhatók össze:

A megbízhatósági vizsgálat során a mintákból csoportokat hozunk létre, amelyeket számmal különböztetünk meg egymástól.

A program felépítése ennek megfelelően egyrészt a csoportokra, másrészt a mintákra ciklikus. Ez a szervezés jól látható a 4. ábrán.

A mérési eredményeket kartonokra jegyzik, ahonnan kártyákra lyukasztják. A számológép ezeket a kártyákat olvassa be és dolgozza fel.

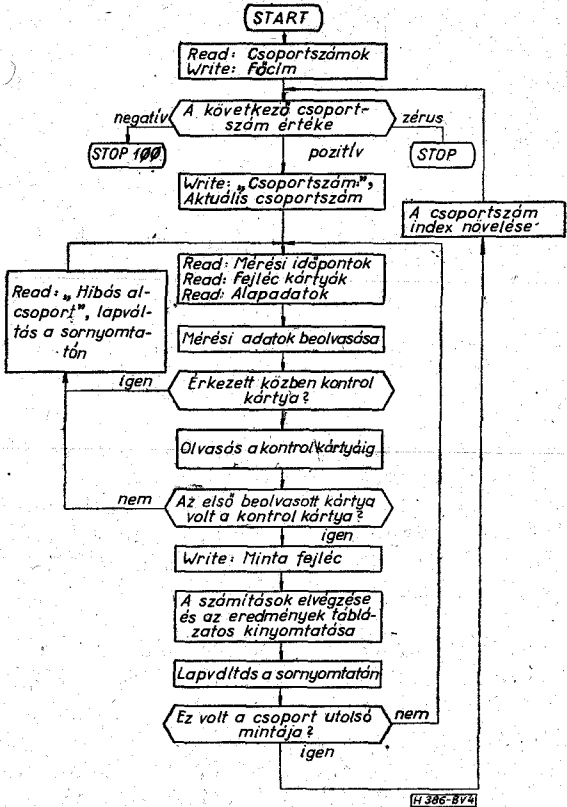
A számított eredmények azonosíthatósága érdekében egy-egy adatsort előtt ki kell nyomtatni az

4. ábra. A program blokkvázlata

aktuális csoportszámot, valamint a mintafejlécet. A mintafejléc első sora az alábbiakat tartalmazza: Az ellenállás típusa, névleges értéke, tűrőhatára, névleges terhelhetősége. Az 5. ábrán látható példában ezek helyett az általános „SZÉNRETEGELLEN-ÁLLÁS” szerepel. A második sor a vonatkozó kártonok sorszámain, valamint a minta ellenállásainak darabszámát tartalmazza, míg a harmadik a vizsgálati feltételt (hőmérséklet, igénybevétel).

A program a 7.1 pontban felsorolt számításokat végzi el, az eredményeket az 5. ábrán látható, az alábbiakban ismertető táblázatokban nyomtatja ki:

— **relatív eltérések táblázat**: az $x(t_j)$ értékeket tartalmazza, az alkatrész sorszámának feltüntetésével mérési időpontonként. Amennyiben a mérési időpontok száma nem haladja meg a tizet, a táblázat több oszlopból épül fel, így a papírfogyasztás csökken. E táblázat tartalmazza még a nonlinearitási index értékeit is.



5. ábra. A megbízhatósági vizsgálati adatok kiértékelése

Csoportszám: 10

A VIZSGALT ELLENÁLLÁS ADATAI; SZÉVRETEGELLENÁLLÁS KÁRTONSZÁMI 27-28 DARABSZÁMI: 40 VIZSGÁLATI FELTÉTELI: 125 CELSIUS FOK MELEG RAKTÁRZÁS

A RELATÍV ELTÉRÉSEK (DR/RO):								A VIZSGÁLT ELLENÁLLÁS ADATAI; SZÉVRETEGELLENÁLLÁS KÁRTONSZÁMI 27-28 DARABSZÁMI: 40 VIZSGÁLATI FELTÉTELI: 125 CELSIUS FOK MELEG RAKTÁRZÁS							
SR#	N#	ORA	1000	2000	5000	10000	E	SR#	N#	ORA	1000	2000	5000	10000	0
1	119,78	0,330	0,566	0,715	0,958	*****		15	118,79	0,328	0,522	0,589	0,797	*****	
2	124,51	0,409	0,651	0,872	1,060	*****		16	130,83	0,163	0,272	0,300	0,354	*****	
3	128,85	0,237	0,413	0,535	0,555	*****		17	121,71	0,338	0,609	0,731	0,955	*****	
4	132,15	0,655	1,174	1,374	1,415	*****		18	122,63	0,711	1,179	1,416	1,815	*****	
5	130,39	0,255	0,529	0,631	0,786	*****		19	117,91	0,918	1,478	1,795	2,355	*****	
6	123,65	0,448	0,747	0,958	1,250	*****		20	120,15	0,560	0,604	0,733	1,093	*****	
7	124,81	0,299	0,497	0,585	0,680	*****		21	126,52	0,162	0,271	0,433	1,428	*****	
8	116,85	0,250	0,398	0,486	0,527	*****		22	126,52	0,450	0,790	0,988	1,254	*****	
9	127,87	0,866	1,601	1,787	2,260	*****		23	113,09	0,492	0,842	1,044	1,469	*****	
10	124,81	0,461	0,806	1,023	1,369	*****		24	125,80	0,217	0,359	0,454	0,617	*****	
11	130,59	0,413	0,705	0,867	1,091	*****		25	126,91	0,204	0,333	0,428	0,428	*****	
12	119,95	0,957	1,550	1,947	2,426	*****		26	130,59	0,129	0,190	0,237	0,237	*****	
13	120,50	0,428	0,797	1,004	1,212	*****		27	116,61	0,998	1,671	2,029	2,669	*****	
14	117,63	0,533	0,830	1,033	1,235	*****		28	119,03	1,509	1,906	2,532	*****		

MÉRÉSI IDŐPONT	ÁTLAG (KA)	SzOPAS (SZ)	(x̄A-3Sz)	(x̄A-3Sz)	(x̄A-2Sz)	(x̄A-2Sz)	(x̄A-2Sz)	(x̄A-2Sz)	5%	10%	15%	50%	85%	90%	95%
NONLIN	123,710	4,853	(109,151)-(138,269)	401(-0,055)-(0,962)	391(0,109)-(0,708)	26,0135	0,162	0,189	0,409	0,836	0,873	0,918	0,918	0,918	0,918
1000	0,454	0,754	(-0,309)-(1,216)	401(-0,055)-(0,962)	391(0,342)-(1,173)	26,0239	0,271	0,333	0,651	1,384	1,478	1,509	1,509	1,509	1,509
2000	0,760	0,17	(-0,493)-(2,012)	401(-0,092)-(1,977)	391(0,425)-(1,440)	28,0277	0,321	0,428	0,867	1,685	1,795	1,906	1,906	1,906	1,906
5000	0,942	0,517	(-0,609)-(2,494)	401(-0,135)-(2,582)	391(0,544)-(1,903)	26,0277	0,423	0,471	1,093	2,206	2,355	2,426	2,426	2,426	2,426
10000	1,223	0,679	(-0,814)-(3,261)	401(-0,135)-(2,582)	391(0,544)-(1,903)	26,0277	0,423	0,471	1,093	2,206	2,355	2,426	2,426	2,426	2,426

AZ ÁTLAG ES A SZORAS SZAMITASANAL FIGYELEM NEM VETT ALKATRÉSZEK: SORSZÁMI ERTEK

NONLINEARITASI	1000 ORAS MERESI	2000 ORAS MERESI	5000 ORAS MERESI	10000 ORAS MERESI
----------------	------------------	------------------	------------------	-------------------

GYAKORISAGELOZLASSI TABLAZAT		NONLINEARITAS																					
ORA	MEGBIASODASIS KRITE RIUM	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	
1000	2 SZAZALEK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2000	2 SZAZALEK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5000	2 SZAZALEK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10000	2 SZAZALEK	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ORA	MEGBIASODASIS KRITE RIUM	HIBAS ALKATRÉSZEK SZÁMA	PONTTÖRTELESE	A MEGBIASODASIS RATA 60SZAZALEKOS FELSŐ KONFIDENCIA HATARA	95SZAZALEKOS	TAJEOZOTATO ELETTARTAM
1000	2 SZAZALEK	0	0,0000E+00	2,3712E-05	5,7575E-05	2108,59
1000	5 SZAZALEK	0	0,0000E+00	2,3712E-05	5,7575E-05	2108,59
1000	10 SZAZALEK	0	0,0000E+00	2,3712E-05	5,7575E-05	2108,59
1000	TELJ. TÖNKREHÉNES	0	0,0000E+00	2,3712E-05	5,7575E-05	2108,59
2000	2 SZAZALEK	0	0,0000E+00	1,1856E-05	2,8788E-05	4217,18
2000	5 SZAZALEK	0	0,0000E+00	1,1856E-05	2,8788E-05	4217,18
2000	10 SZAZALEK	0	0,0000E+00	1,1856E-05	2,8788E-05	4217,18
2000	TELJ. TÖNKREHÉNES	0	0,0000E+00	1,1856E-05	2,8788E-05	4217,18
5000	2 SZAZALEK	1	5,0378E-06	1,0348E-05	1,9579E-05	9925,00
5000	5 SZAZALEK	0	0,0000E+00	4,7425E-06	1,1515E-05	10542,96
5000	10 SZAZALEK	0	0,0000E+00	4,7425E-06	1,1515E-05	10542,96
5000	TELJ. TÖNKREHÉNES	0	0,0000E+00	4,7425E-06	1,1515E-05	10542,96
10000	2 SZAZALEK	7	1,8494E-05	2,2299E-05	3,1099E-05	2703,57
10000	5 SZAZALEK	0	0,0000E+00	2,3712E-06	5,7575E-06	21085,03
10000	10 SZAZALEK	0	0,0000E+00	2,3712E-06	5,7575E-06	21085,03
10000	TELJ. TÖNKREHÉNES	0	0,0000E+00	2,3712E-06	5,7575E-06	21085,03

H 386-BV 3

— *stabilitási adatok táblázat*: mérési időpontonként tartalmazza a következő jellemzőket: átlag, szórás, az eloszlásra jellemző $\bar{x}(t_j) \pm kS(t_j)$ ($k=1, 2, 3$) értékek, és az ezen értékek közé eső elemek darabszáma, valamint a százalékos diagram.

— *kieső elemek táblázata*: az átlag és a szórás számításánál a nagyon nagy változást mutató elemeket bizonyos kritérium alapján elhagyjuk. Ezen alkatrészek sorszáma és értéke szerepel ebben a táblázatban a mérési időpont feltüntetésével.

— *gyakoriságeloszlási táblázat*: megfelel az 5.2 pontban leírtaknak. Az osztás-közök jól láthatók az ábrán.

— *meghibásodási ráta-adatok táblázata*: az előző pontban ismertetett meghibásodási ráta adatokat tartalmazza mérési időpontonként meghibásodási kritériumok szerinti bontásban. A meghibásodási kritériumok: 2, 5, 10% feletti ellenállásváltozás, teljes tönkremenés.

A fenti táblázatos nyomtatás kellő áttekinthetőséggel rendelkezik, így az eredmények továbbfeldolgozása, kiértékelése könnyű.

A program előnyös tulajdonsága, hogy számlálja a kinyomtatott sorokat, és csak a szükséges esetekben vált lapot. Ez a megoldás az áttekinthetőséget nem zavarja, viszont a papírfelhasználás csökkentését lehetővé teszi.

3. Következtetések

A megbízhatósági adatok gyakorlati felhasználása szükségessé teszi egységes adatközlési módszerek alkalmazását. A megbízhatóságra vonatkozó információ-szolgáltatásnak ki kell terjednie mind a meghibásodási ráta értékek, mind pedig a stabilitási adatok közlésére. A megbízhatósági jellemzőket mindig meghatározott környezeti és igénybevételi feltételekre kell megadni. Nagyobb mennyiségű vizsgálati adatsorozatok értékelésére és az eredmények feldolgozására elektronikus számítógépet célszerű igénybe venni.

IRODALOM

- [1] Balogh Albert: RC-alkatrészek megbízhatósági adatainak meghatározása és alkalmazása. Automatizálás 6. 8. sz. 1973. 17—27.
- [2] MSZ 11 010—74: Elektronikai alkatrészek megbízhatósági adatainak közlése.
- [3] Balogh Albert—dr. Dukáti Ferenc: Élettartam és megbízhatósági vizsgálatok mintavételi eljárásai és tervei. Minőség és megbízhatóság, 1971. február.
- [4] Balogh Albert—dr. Dukáti Ferenc: Élettartam- és megbízhatósági vizsgálatok exponenciális eloszláson alapuló szekvenciális mintavételi eljárásai és tervei. Híradástechnika 23. 1. sz. 1972. 17—23.
- [5] Balogh Albert—dr. Dukáti Ferenc: Megbízhatósági vizsgálatok Weibull-eloszláson alapuló mintavételi eljárásai és tervei. Híradástechnika 24. 1. sz. 1973. 1—8.
- [6] MI 17 099—72: Exponenciális eloszláson alapuló próbavételi tervek.
- [7] MI 17 098—74: Weibull-eloszláson alapuló próbavételi tervek.