

Elektronikai alkatrészek megbízhatósági jellemzőinek előírása

ETO 621.38:019.3

Az elektronikai alkatrészekkel szemben támasztott egyre szigorúbb megbízhatósági követelmények szükségessé tették, hogy az alkatrész megbízhatóságára vonatkozó számszerű jellemzőket az alkatrészek szabványaiban, műszaki feltételeiben vagy műszaki adatlapjain szerepeltessék. Az ezekben az előírásokban — következőkben összefoglalóan műszaki előírásokban — meghatározandó mennyiségi megbízhatósági követelmények rögzítése összetett műszaki-gazdasági döntések eredményeként jön létre. A megbízhatósági előírások elkészítése során ugyanis nemcsak az alkatrész műszaki tulajdonságait kell figyelembe venni, hanem többek között olyan szempontokat is, hogy milyen jellegű az alkatrész gyártása (egyedi tételekben állítják elő vagy sorozatban gyártják), milyen vizsgálati feltételek között várható az alkatrész megbízhatósági adatainak leggazdaságosabb meghatározása, milyen vizsgálati berendezéskapacitás szükséges a megbízhatósági jellemzők statisztikailag megalapozott meghatározásához vagy ellenőrzéséhez. Ezeknek a sokoldalú szempontoknak együttes számbavétele, illetve a legfontosabb hatótényezőknek megválasztása a műszaki előírások elkészítési számára bonyolult feladatot jelent.

A Magyar Szabványügyi Hivatal ennek a tevékenységnek elősegítésére az általános minőségjavítási és minőségbiztosítási program keretében útmutatót dolgozott ki az elektronikai alkatrészek megbízhatósági előírásainak készítéséhez. Az MI-11 011 [1] műszaki irányelvet, amely a megbízhatósági előírások megválasztásának legfontosabb szempontjait és módszereit tartalmazza, az IEC (International Electrotechnical Committee) 409 Publikációjának [2] alapján készítették el, figyelembe véve a Publikáció felülvizsgálatára vonatkozó IEC anyagot [3] is. A műszaki irányelv összeállításában a magyar megbízhatósági szakértők is részt vettek.

A jelen közleményben az MI-11 011 [1] műszaki irányelv felépítését követve tájékoztatást adunk a megbízhatósági előírások elkészítése során figyelembe veendő legfontosabb elvi és gyakorlati szempontokról.

1. A vizsgálati eljárás megválasztása

Az elektronikai alkatrészek megbízhatósági követelményeinek előírásakor elsősorban a vizsgálati eljárás jellegének meghatározása a legfontosabb szempont. A vizsgálati eljárást két tényező függvényében célszerű megválasztani:

— milyen az alkatrész gyártásának jellege;

— milyen céllal végezzük a megbízhatósági vizsgálatot.

Az alkatrész gyártásának jellegétől függően megkülönböztetünk: egyedi tétel vizsgálatot és sorozat-tétel vizsgálatot.

Tételnek a következőkben azoknak az alkatrészeknek az összességét nevezzük, amelyből a vizsgálati mintát ki kell választani és amelyet abból a szempontból kell vizsgálni, hogy megfelel-e vagy sem az előírt megbízhatósági követelményeknek. Ez különbözhet azoknak az alkatrészeknek az összességétől, amelyet más esetekben (például szállítás során) nevezünk tételnek. Minden tételnek, ha ez gyakorlatilag keresztülvihető, azonos típusú, méretű, osztályú és összetételű alkatrészekből kell állnia, amelyek azonos feltételek között és azonos időben gyártottak.

A sorozat-tételek esetében a gyártás folyamatosan történik, így időszakosan állnak rendelkezésre az ellenőrizendő vizsgálati tételek. Az egyedi tétel esetében, mivel csak egy adott időpontra vonatkozó és nem folyamatos gyártásról van szó, csak egy adott tételből választható ki a vizsgálati minta.

Az egyedi tétel vizsgálata során tehát nagyobb statisztikai biztonság szükséges, mivel a vizsgálat nem ismételhető meg. Ez a követelmény, mint a későbbiekben látni fogjuk, nagyobb darabszámú vizsgálati mintát tesz szükségessé, mint sorozat-tétel vizsgálat esetében. Az egyedi tétel vizsgálatok az alkatrészek megbízhatóságára vonatkozó valamennyi információ egy vizsgálat eredményéből származik, így ennek a vizsgálatnak eredményeiből kell jellemezni a vizsgált alkatrésztípus megbízhatósági tulajdonságait. Az egyedi tétel vizsgálat ugyan műszaki szempontból előnyös, mivel a megbízhatósági adatok származtatása és vonatkoztatása egyértelműen meghatározott tételhez tartozik, azonban gazdasági szempontokat is figyelembe véve csak akkor alkalmazható, ha

— a gyártás nem folyamatos;

— az előírt megbízhatósági jellemző számértékek olyanok, hogy a vizsgálatok a nagyobb mintanagyság ellenére is gazdaságosan elvégezhetők.

A sorozat-tétel vizsgálat esetében kisebb statisztikai biztonság is megengedhető, mivel a vizsgálatok időszakos megismétlése folyamatos információszerzést tesz lehetővé. Ezért ebben az esetben a vizsgálati mintanagyság is kisebbnek adódik, mint egyedi tétel vizsgálat elvégzésekor. A sorozat-tétel vizsgálat lehetővé teszi, hogy az alkatrészek megbízhatóságára vonatkozó adatokat több tételre folyamatosan gyűjtjük össze, ekkor azonban feltételezzük, hogy az alkatrészek gyártása azonos technológiai körülmények között gyakorlatilag folyamatosan történik, a gyárt-

mány konstrukciójának megváltoztatása nélkül. Ebben az esetben a gyártási eljárást ellenőrzik a megbízhatóság állandóságának biztosítása céljából. Figyelembe kell venni azonban, hogy ebben a vonatkozásban a „gyártási eljárás” fogalomkörébe beletartozik a gyártás, a vizsgálat, a minőségellenőrzés valamennyi tevékenysége. A kisebb mintanagyság következtében a sorozat-tétel vizsgálat kevésbé költséges, mint az egyedi tétel vizsgálat.

A vizsgálati eljárás megválasztásának másik szempontja az, hogy milyen céllal végezzük a vizsgálatot. Ez kétféle lehet: a megbízhatósági jellemzők meghatározása, illetve azok ellenőrzése.

A megbízhatóság ellenőrző vizsgálatot annak megállapítása céljából végzik el, hogy az alkatrész megbízhatósági jellemzője megfelel-e az előírt megbízhatósági követelménynek.

Általában a gyártó (szállító) feladata, annak igazolása, hogy az előállított alkatrész az előírt megbízhatósági jellemző értékek, adott konfidencia szinten megfelel. Ennek megfelelően a vizsgálati előírást úgy kell összeállítani, hogy abban szerepeljen:

- az előírt megbízhatósági jellemző és annak előírt számértéke;
- az előírt konfidencia szint (az a statisztikai biztonság, amellyel az ellenőrzést elvégezték);
- az előírt megbízhatósági jellemző értékből és konfidencia szintből származtatott vizsgálati mintanagyság és időtartam;
- az átvételi kritérium (rendszerint vagy a vizsgálat során bekövetkezett meghibásodások maximálisan megengedett száma, vagy az alkatrészekon megfigyelt összes működési idő előírt értéke).

Előírt megbízhatósági jellemzőként rendszerint a meghibásodási rátát szokták választani és szokásosan feltételezik, hogy a működési idő eloszlása exponenciális, azaz a meghibásodási ráta állandó. A továbbiakban — a műszaki irányelvben is alkalmazott feltevessel egyezően — az állandó meghibásodási rátára vonatkozó előírásokkal foglalkozunk.

Az ellenőrző vizsgálat alkalmazható mind sorozat-tételek, mind pedig egyedi tételek vizsgálata esetében. Egyedi tétel vizsgálata esetében elsősorban átadás-átvételi vizsgálatok alkalmával szokták felhasználni, sorozat-tétel vizsgálatok esetében időszakosan alkalmazzák a gyártási megbízhatóság ellenőrzésére. Az ellenőrző vizsgálat során elegendő adatot kell összegyűjteni annak igazolására, hogy a tétel adott megbízhatósági követelménynek megfelel-e vagy sem. Mivel a nagymegbízhatóság igazolása jelentős vizsgálati darabszámot és nagy időtartamot követel meg, nagymegbízhatóságú alkatrészek esetében a vizsgálat költséges és hosszadalmas.

A megbízhatósági ellenőrző vizsgálat az alkatrészek megbízhatóság szempontjából történő minősítésének alapjául szolgál. A minősítés, amely annak igazolására szolgál, hogy a gyártó által előállított alkatrész megfelel a műszaki előírás követelményének, lehet ún. kezdeti minősítés, amely új fejlesztésű gyártmányok első vizsgálati eredményei alapján értékeli a megbízhatóságot; lehet minősítés fenntartási eljárás, amely a már minősített alkatrészek megbízhatósági szintjének időszakosan ismételt igazolására

szolgál; lehet a minősítés kiterjesztése, azaz annak igazolása, hogy a gyártó által előállított alkatrész megbízhatósági jellemzője jobb, mint a már minősítéssel megállapított érték. A minősítési eljárás egyik lehetséges döntése még a minősítés visszavonása, azaz a korábban már igazolt megbízhatósági szintet az ismételt vizsgálatok során nem teljesítő tételek megbízhatósági szempontból történő visszautasítása.

A megbízhatóság meghatározó vizsgálatok célja az, hogy az alkatrészek megbízhatósági jellemzőjét megállapítsák. Ezeket a vizsgálatokat rendszerint vagy új fejlesztésű alkatrészek esetében, vagy a már régebben gyártott alkatrészek gyártmány konstrukciójának, illetve gyártástechnológiájának módosítása esetén végzik el. Ennek az eljárásnak alkalmazása akkor szükséges, ha az elsődleges cél az alkatrészek megbízhatóságának számszerű értékelése. Ekkor a gyártó (szállító) feladata a vizsgálat előírás szerinti elvégzése és a vizsgálati eredmények közlése. Mivel ebben az esetben a megbízhatósági jellemzőre nincs számszerű követelmény, ezért előírt mintanagyság és vizsgálati időtartam sem szerepel a műszaki előírásokban.

Azonban a megbízhatósági meghatározó vizsgálatok esetében a műszaki előírásokban kell közölni az eredmények értékelési módszereit és az eredmények közlési módját. A meghatározó megbízhatósági vizsgálatok értékelését rendszerint a meghibásodási ráta megfigyelt értékével és adott konfidencia szintű felső konfidencia határával szokták megadni. Az így meghatározott meghibásodási ráta már összehasonlítható más vizsgálatok eredményeivel is. Az eredmények közlését az MSZ 11 010 [4] szabvány szerint célszerű elvégezni, megadva a meghatározó vizsgálat időtartamát és mintanagyságát is.

A megbízhatóság meghatározó vizsgálatok is alkalmazhatók mind egyedi, mind sorozat-tételek vizsgálata esetében. Az egyedi tételek számszerű megbízhatósági adatainak megállapítása azért igen fontos, mivel az ellenőrző jellegű vizsgálatok esetében csak korlátozott jellegű megállapítások tehetők (adott megbízhatóságú-e a tétel vagy sem), ugyanakkor a meghatározó vizsgálatok esetében lehetőség nyílik annak megállapítására is, hogy mennyire megbízható a tétel, illetve hogyan változik megbízhatósága az üzemeltetési feltételek hatására. A sorozat-tételek vizsgálata esetében a meghatározó vizsgálat azért nagy jelentőségű, mert általa lehetővé válik a különböző vizsgálatok eredményeinek összevonása is és ezáltal nagyobb adatmennyiségen alapuló, magasabb megbízhatósági szintet reprezentáló megbízhatósági jellemzők is meghatározhatók nagyobb konfidencia szinten. Meghatározó vizsgálatok esetében ugyanis a már korábbi vizsgálatokból származó adatok is felhasználhatók az újabb vizsgálati eredményekkel összevonva az értékelés elvégzésére, de ekkor az összevonás tényét az adatközlésben fel kell tüntetni.

A megbízhatósági meghatározó vizsgálatok tehát több esetben nagyobb információmennyiséget szolgáltatnak az alkatrészek megbízhatóságára, azonban minősítő vizsgálatként nem alkalmazhatók, ha több adatforrás összevonásán alapulnak. A műszaki előírásban a megbízhatóság meghatározó vizsgálat ese-

tében meg kell adni az alaktrészóra adatmennyiséget és azt az időszakaszt, amelyre az adatok vonatkoznak.

2. A vizsgálati körülmények és a meghibásodási kritériumok előírása

A vizsgálat típusának előírása után meg kell határozni a vizsgálati körülményeket és a meghibásodási kritériumokat.

Az elektronikai alkatrészek megbízhatóságának ellenőrzésére vagy meghatározására irányuló vizsgálatok rendszerint tartós terhelés vizsgálatok. Ezekre a vizsgálatokra vonatkozóan a legfontosabb vizsgálati feltételek megválasztása elsősorban a vizsgálat során alkalmazott villamos igénybevétel és a vizsgálat környezeti hőmérsékletének meghatározását jelenti. A vizsgálati körülményeket általában az alkatrészeire előírt maximálisan megengedett villamos igénybevételben és környezeti hőmérsékletben írják elő. Ezeket az előírásokat az alkatrészek műszaki előírásai tartalmazzák és általában névleges vizsgálati feltételeknek szokták nevezni.

Ha azonban ismeretes, hogy az alkatrész megbízhatósága hogyan változik az igénybevételi szintek függvényében, azaz ismert a szigorúbb igénybevételi szintekhez (gyorsított vizsgálati feltételekhez) tartozó meghibásodási ráta és a névleges vizsgálati feltételekhez tartozó meghibásodási ráta hányadosa, akkor ennek az ún. gyorsítási tényezőnek a felhasználásával a vizsgálatok a maximálisan megengedett igénybevételi szinten túlmenő vizsgálati feltételek között is elvégezhetők. Ezeket a gyorsított vizsgálatokat csak akkor lehet műszaki előírásban rögzíteni, ha a gyorsítási tényező számszerű értéke ismert és igazolt. Ebben az esetben előírható az a vizsgálat is, amely a gyorsítási tényező helyességének ellenőrzésére szolgál.

Ha a gyorsítási tényező ugyan ismert, de előírást nem adnak meg az értékre, akkor kiforrott alkatrész-típusok esetében a vizsgálati eredményekből származtatott, a gyártó és a felhasználó között egyeztetett érték is megadható.

Ha a gyorsítási tényező számértéke nem ismert, akkor az alkatrész műszaki előírásában csak információs adatok közölhetők a gyorsítási tényező alkalmazásának szabályairól (például, hogyan kell statisztikai módszerekkel összehasonlítani a különböző vizsgálati körülmények között elvégzett vizsgálatok eredményeit), valamint azokról a vizsgálatokról, amelyeket az egyes alkatrész-típusokra vonatkozóan el kell végezni a gyorsítási tényező számértékének megállapítására. Megjegyzendő, hogy ezeket a vizsgálatokat az átadás (szállítás) megkezdése előtt célszerű elvégezni. Ha az átvétel nem a gyorsított vizsgálatok alapján történik, akkor még megengedhető, hogy azokat az átadás (szállítás) során végezzék el.

Az alkatrészek megbízhatósági követelményének meghatározott meghibásodási kritériumra kell vonatkoznia. Ez azt jelenti, hogy az alkatrész műszaki előírásában egyértelműen meg kell adni, hogy mikor minősítik az alkatrészt meghibásodottnak. A meghibásodási kritérium lehet az alkatrész teljes meghibásodása, vagy valamely kiválasztott paraméterének

(paramétereinek) meg nem engedett, nagymértékű változása. Meghibásodási kritériumot csak olyan alkatrész-paraméterekre célszerű előírni, amelyek az alkatrész működését jelentős mértékben befolyásolják, és amelyek fontosak az alkatrész jellemző felhasználási feltételei között.

Egyes esetekben egynél több meghibásodási kritérium is előírható az alkatrész valamely paraméterére. Például az egyik kritérium enyhe, a másik közepes, a harmadik szigorú követelményt jelent az alkatrész működésére. Ha több meghibásodási kritériumot írunk elő, akkor azok közül az egyiknek az alkatrész teljes meghibásodására kell vonatkoznia. A teljes meghibásodást ekkor degradációs meghibásodásként is számításba kell venni a szigorúbb meghibásodási kritériumok szerinti értékelés során. A meghibásodások számát az egyes meghibásodási kritériumok esetében úgy kell meghatározni, hogy figyelembe vesszük azokat a meghibásodásokat is, amelyeket az adott meghibásodási kritériumnál enyhébb kritériumok szerint állapítottunk meg. Például egy fémréteg-ellenállás meghibásodási kritériumai legyenek a következők:

0,5%, 2%, 4% és a teljes meghibásodás. Ha a vizsgálat során két teljes meghibásodás, 3 darab 4%-ot meghaladó ellenállás-változás, 4 darab 2–4% közötti ellenállás-változás és 6 darab 0,5–2% közötti ellenállás-változás fordult elő, akkor az egyes meghibásodási kritériumokhoz a következő meghibásodási számok tartoznak:

teljes meghibásodás: 2, 4%-nál nagyobb ellenállás-változás: 5, 2%-nál nagyobb ellenállás-változás: 9, 0,5%-nál nagyobb ellenállás-változás: 15.

Megemlítendő, hogy ha az alkatrész az előírt meghibásodási kritérium alapján a vizsgálat egyik adott időpontjában meghibásodottnak bizonyult, akkor ezt az alkatrészt a vizsgálat további szakaszában már meghibásodottnak kell tekinteni, függetlenül attól, hogy az alkatrész esetleg később a megengedettnél kisebb változást fog mutatni, azaz paramétere nem lépi túl már az előírt tűrőhatárt.

Egyes esetekben szükséges lehet, hogy azokra az alkatrészekre, amelyeknek több paramétere van, a megbízhatósági jellemzőnek több értékét írják elő az egyes paramétereknek megfelelő meghibásodási kritériumok szerint.

A megbízhatósági vizsgálatok során általában egy alkatrész esetében az egynél több paraméterre vagy kritériumra vonatkozóan megállapított meghibásodást egyetlen meghibásodásnak kell tekinteni és így ez csak egy meghibásodott alkatrészt jelent.

3. A vizsgálatok elvégzésével, az adatok feldolgozásával és az eredmények közlésével kapcsolatos előírások

Az alkatrészekre vonatkozó előírásokban meg kell határozni, hogy milyen időközönként kell a vizsgálatokat elvégezni. Egyedi tételek esetében ez egyszeri vizsgálatot jelent, folyamatos gyártású sorozattételek esetében a vizsgálat időszakos elvégzése szükséges. A műszaki előírás vagy tételenkénti ellenőrzést követel meg, vagy meghatározott időközönként

(például félévente) megismételt vizsgálatot, vagy pedig meghatározott gyártási mennyiség előállítását után végzendő vizsgálatot irányoz elő.

A vizsgálati adatok feldolgozásának megkezdése előtt meg kell határozni, hogy az alkatrész működési idejének valószínűségi eloszlása milyen eloszlásfüggvénnyel közelíthető. Az MI 11 011 [1] műszaki irányelv az állandó meghibásodási ráta esetével, azaz az exponenciális eloszlással foglalkozik. Exponenciális eloszlás esetében is lehetséges, hogy a korai meghibásodások szakasza és az elhasználódási meghibásodások szakasza megfigyelhető az alkatrész működése során. Ezért, ha erre lehetőség van, ezeknek a szakaszoknak kezdő- és végpontját a műszaki előírásban meg kell határozni (az elhasználódási meghibásodások szakaszának a kezdőpontját lehet csak megadni).

A vizsgálati adatok összegyűjtése csak folyamatos gyártású sorozat-tételek esetében végezhető el. Erre az esetre vonatkozóan a műszaki előírásban rögzíteni kell, hogy milyen adatokat kell összegyűjteni, az adatgyűjtés milyen időszakokra vonatkozzék és melyek az adatgyűjtés célkitűzései.

A vizsgálati eredmények összegyűjtése általában a következő célokkal történik:

- a meghibásodási ráta adott konfidencia szintű felső határának kiszámítása;
- az alkatrészek legfontosabb jellemzőiben bekövetkezett változások értékelése (az alkatrész-jellemzők adatfeldolgozását az MSZ 11 010-ben [4] közölt grafikus és numerikus módszerek egyikével kell elvégezni).

Az egyes vizsgálati eredmények összevonása esetében meg kell állapítani, hogy milyen esetben hagyhatók el egyes kiugró adatok. Ha a vizsgálat már megkezdődött, akkor a folyamatos gyártásból származó sorozat-tételeken végzett vizsgálatok összes eredményét fel kell venni az adatok összesítésébe. Kivételt képez az olyan eset, amikor a tételt ugyan nem megfelelőnek minősítették, de azt is megállapították, hogy a folyamatos gyártásra ennek a tételnek a vizsgálati adatai nem jellemzőek. Ha kimutatható és igazolható, hogy olyan meghibásodási mechanizmus lépett fel ennél a tételnél, amely eddig még nem fordult elő és újbóli bekövetkezése a jövőbeli gyártásban már nem lehetséges, akkor az erre a tételre vonatkozó adatok az összesítésből kizárhatók. Az adatok összesített értékelésében azonban meg kell adni az így kizárt tételeket.

A megbízhatósági előírásokban kell megadni a vizsgálati eredmények közlési módját is.

A megbízhatóságot ellenőrző vizsgálatok eredményeit a meghibásodási ráta előírt értékével a konfidencia szinttel és a meghibásodások maximálisan megengedett számával (az átvételi számmal) kell megadni, valamint közölni kell a vizsgálatok során bekövetkezett tényleges meghibásodási számot, amelyet az átvételi számmal összehasonlítva megállapítható, hogy a vizsgált tétel megfelelő-e vagy sem. A meghibásodási ráta ellenőrzése általában egyoldali konfidencia intervallum felső határának meghatározásával történik, a konfidencia szint kezdeti minősítés esetében 60% vagy 90%, ismételt vizsgálatok (minősítés fenntartás) esetében azonban ezen a két szinten

túlmenően a 10%-os szint is megengedhető egyes esetekben.

A megbízhatóságot meghatározó vizsgálatok esetében az eredmények közlésekor meg kell adni a vizsgálati mintanagyságot, a vizsgálati időtartamot és a megfigyelt meghibásodások számát. Az adatközlésnek tartalmaznia kell az összegyűjtött vizsgálati eredményekből számított, becsült meghibásodási rátát. Ezt egyoldali konfidencia intervallum felső határával határozzák meg, a konfidencia szint meghatározó vizsgálatok esetében 60% vagy 90%. A megbízhatósági meghatározó vizsgálatok eredményeit célszerű 6 hónapos vagy ennél hosszabb időszakokra közölni. Az adatközlés vonatkozhat például 3 éves időtartam alatt összegyűjtött eredményekre is.

4. A minősítő eljárás megválasztása és a mintanagyság meghatározása

Az alkatrészek minősítő eljárása során figyelembe kell vennünk, hogy a minősítő eljárás a műszaki előírásban rögzített megbízhatósági követelményekre vonatkozik-e, vagy pedig az összes többi, nem a megbízhatóságra vonatkozó követelmények ellenőrzésére szolgál. A további megfontolások — az MI 11 011-ben [1] követt eljáráshoz hasonlóan — kizárólag a megbízhatósági követelmények szerinti minősítésre vonatkoznak. Természetesen a fentiek szerint megkülönböztetett kétféle minősítés egyetlen vizsgálati sorozat alapján is megtörténhet egyes esetekben.

A megbízhatóság szerinti minősítés során elő kell írni, hogy a vizsgálati minta kivétele egyetlen vagy több ellenőrzési tételből történjék. Több ellenőrzési tétel esetében a műszaki előírásban meg kell adni, hogy ezek a tételek egymást követőek legyenek vagy meghatározott szabály szerint kiválaszthatók legyenek egy adott időszakaszban.

A minősítés, ahogy ezt már az előzőekben ismertettük, lehet kezdeti minősítés, amely rendszerint adott meghibásodási ráta érték ellenőrzésére szolgál 60%-os vagy 90%-os konfidencia szinten. A kezdeti minősítést, ha az a tétel megfelelő minősítését eredményezte, követheti a minősítés fenntartásának ellenőrzésére szolgáló vizsgálati eljárás, amelyet azonos szabályok szerint kell elvégezni, mint a kezdeti minősítést. Ennek eredménye vagy a minősítés fenntartása, vagy a minősítés visszautasítása. A minősítés fenntartásának ellenőrzésére irányuló vizsgálat során rendszeresen ismétlődő sorozat-tétel vizsgálatok esetében 10%-os konfidencia szint is megengedhető egyes esetekben. A kezdeti minősítésen és a minősítés fenntartásán túlmenően szokásos eljárás a minősítés kiterjesztése szigorúbb megbízhatósági követelményre, azaz alacsonyabb meghibásodási ráta értékre. Ez szokásosan nagyobb statisztikai biztonságot és így nagyobb mintanagyságot követel meg.

A minősítési eljárás előírása során egyik legfontosabb tényező a mintanagyság meghatározása. Az alkatrész műszaki előírásában vagy számszerűen megadják a vizsgálandó mintanagyságot, vagy pedig csak hivatkoznak az alkalmazandó mintavételi terveket közlő szabványokra, műszaki irányelvekre, amelyekből a mintanagyság meghatározható. A meg-

bízhatósági vizsgálatok mintanagyságának megállapítására a következő szabványok, illetve műszaki irányelvek használhatók fel:

- MSZ 247 [5] Tömegcikkék matematikai-statisztikai minősítése;
- MI 17 099 [6] Megbízhatósági vizsgálatok exponenciális eloszláson alapuló próbavételi tervei;
- MI 17 098 [7] Megbízhatósági vizsgálatok Weibull eloszláson alapuló próbavételi tervei.

A mintanagyság és a vizsgálati időtartam a következő tényezőktől függ:

- a konfidencia szinttől;
- az előírt meghibásodási ráta értéktől;
- a megengedett meghibásodási számtól (átvételi számtól).

Átadás-átvétel vizsgálatok során a gyártó és felhasználó kockázatait írják elő a konfidencia szint helyett, az előírt meghibásodási ráta és az átvételi szám helyett pedig a meghibásodási rátának ezekhez az értékekhez tartozó átvételi és visszautasítási értéket adják meg.

Az exponenciális működési eloszlás esetében a meghibásodási ráta értéke időben állandó, ekkor elegendő a vizsgálati mintanagyság és vizsgálati időtartam szorzatát megadni alkatrészórákban, ugyanis exponenciális eloszlás esetében egyenértékű, hogy például 100 alkatrészt vizsgálunk 1000 óráig, vagy 1000 alkatrészt 100 óráig (az alkatrészórák száma mindkét esetben 100 000). Az exponenciális eloszlásra vonatkozó mintanagyságokat az MI 17 099 [6] műszaki irányelv tartalmazza. A vizsgálati időtartamot és a mintanagyságot a következőképpen kell meghatározni exponenciális működési eloszlás alapján:

$$nt = \frac{\chi^2_{1-\beta}(2c+2)}{2\lambda}, \quad (1)$$

ahol: n a vizsgálati mintanagyság,
 t a vizsgálati időtartam,

$\chi^2_{1-\beta}(2c+2)$ a $(2c+2)$ -szabadságfokú χ^2 -eloszlás $(1-\beta) \times 100\%$ -os szignifikancia pontja, amelyre teljesül, hogy

$$P[\chi^2(2c+2) \geq \chi^2_{1-\beta}(2c+2)] = 1 - \beta,$$

$\beta \times 100\%$ az előzőekben említett konfidencia szint, azaz $\beta = 0,9$, illetve $0,6$, ha a konfidencia szint értéke: 90% , illetve 60% ;

- c az átvételi szám;
- λ a meghibásodási ráta előírt értéke.

Ezeknek az adatoknak a függvényében állítottuk össze az 1. táblázatot, amely megadja az alkatrészórák számát $\lambda = 10^{-6}$ /óra meghibásodási ráta értékre, 10% , 60% és 90% konfidencia szintre, $c = 0, 1, \dots, 5$ átvételi számra.

Ha a vizsgálati időtartamot előírjuk, akkor a vizsgálandó mintanagyságot úgy kapjuk meg, hogy az alkatrészórák számát a vizsgálati időtartammal elosztjuk. A vizsgálati időtartam előírására az MSZ 11 010-ben [4] megadott időtartamokat kell figyelembe venni. Ezek közül a következő időtartamok kiválasztása célszerű: $500, 1000, 2000, 5000$ és $10\ 000$ óra.

A meghibásodási ráta $1/\text{óra}$ egység helyett megadható más alkalmas egységben is, például a cikluszám reciprokának egységében.

Az előírt összes alkatrészórák száma vagy egyetlen tétel vizsgálatából, vagy sorozat-tételek vizsgálati eredményeinek összevonásából kapható meg a műszaki előírásban meghatározott időszakaszra.

A mintanagyságot — főként megbízhatóság meghatározó vizsgálatok esetében — nemcsak a már említett műszaki irányelvekből lehet megválasztani, hanem a gyártott mennyiség függvényében való változtatása esetén az MSZ—247 [5] szabványból, amely a névleges hibaszázalék (AQL-érték) ellenőrzésére szolgál. Ekkor az előírt időszakaszban összegyűjtött alkatrészórák T számából és a meghibásodások megfigyelt d számából a meghibásodási ráta adott konfidencia szintű λ_f felső határát kell kiszámítani a következő képlet szerint:

$$\lambda_f = \frac{\chi^2_{1-\beta}(2d+2)}{2T}, \quad (2)$$

ahol: $\chi^2_{1-\beta}(2d+2) = d + A$

alakban írható fel és az (1) képletben már meghatároztuk jelentését. Az A szám értéke a meghibásodások d számának függvénye.

Értékét 10% , 60% és 90% -os konfidencia szintre, $d = 0, 1, 2, \dots, 5$ értékekre a 2. táblázatban adjuk meg.

A fentiekben részletezetteken túlmenően időszakosan ismétlődő vizsgálatok esetében — főként megbízhatóságot meghatározó vizsgálatoknál — előfordulhat, hogy előre rögzítik a mintanagyságot. Ez az eset azonban ritkán fordul elő a gyakorlatban.

1. táblázat

Az alkatrész-órák száma 10^{-6} /óra előírt meghibásodási ráta értékre 10% , 60% és 90% -os konfidenciaszinten

| Átvételi szám (c) | Konfidenciaszint | | |
|----------------------|------------------------------------|------|------|
| | 10% | 60% | 90% |
| | Álkatrész-órák száma $\times 1000$ | | |
| 0 | 110 | 917 | 2300 |
| 1 | 530 | 2030 | 3890 |
| 2 | 1100 | 3110 | 5320 |
| 3 | 1750 | 4180 | 6630 |
| 4 | 2450 | 5240 | 8000 |
| 5 | 3150 | 6300 | 9280 |

2. táblázat

„A” értéke a konfidenciaszint és a meghibásodási szám függvényében

| A megfigyelt meghibásodások száma (d) | Konfidenciaszint | | |
|--|------------------|-------|------|
| | 10% | 60% | 90% |
| | A értéke | | |
| 0 | 0,11 | 0,917 | 2,30 |
| 1 | -0,47 | 1,03 | 2,89 |
| 2 | -0,90 | 1,11 | 3,32 |
| 3 | -1,25 | 1,18 | 3,63 |
| 4 | -1,85 | 1,24 | 4,00 |
| 5 | -1,85 | 1,30 | 4,28 |

A mintanagyság természetesen megváltozik, ha alacsonyabb meghibásodási ráta értékre akarjuk a minősítést kiterjeszteni. Ekkor a mintanagyságot az előírt új λ -értéktől függően az (1) képletből vagy a mintavételi tervből kell meghatározni. Ha a mintanagyságot a névleges hibaszázalék alapján választjuk meg az MSZ 247-szabványból [5], akkor a minősítés kiterjesztése esetén célszerű szigorúbb ellenőrzési szintet megadni, hogy így nagyobb alkatrészóra adatmennyiség álljon rendelkezésre a jobb meghibásodási ráta érték igazolására. Ha a mintanagyság rögzített, akkor célszerű a vizsgálat időtartamát növelni a minősítés kiterjesztése esetén.

A minősítés fenntartása vagy visszavonása esetén elő kell írni, hogy milyen okok vezetnek a minősítés visszavonásához, illetve milyen feltételek teljesülése szükséges a minősítés fenntartásához. A műszaki előírásban meg kell adni azt az időszakaszt, amelyben a minősítés fenntartására vonatkozó követelményeknek teljesülniük kell. Az előírt szakasz végpontja előtt a minősítő vizsgálatnak pozitív eredménnyel (megfelelő minősítéssel) kell befejeződni, ellenkező esetben a minősítést vissza kell vonni. A javasolt időszakok a meghibásodási ráta függvényében a 3. táblázatban láthatók.

3. táblázat

Minősítő vizsgálat időtartama

| Meghibásodási ráta (1/óra) | Előírt időszakasz hónapban | |
|-------------------------------|----------------------------|--------------|
| | Alsó határa | Felső határa |
| 10^{-4} | 3 | 3 |
| 10^{-5} | 3 | 6 |
| 10^{-6} | 6 | 12 |
| 10^{-7} | 9 | 24 |
| 10^{-8} | 18 | 36 |

A minősítést akkor is vissza kell vonni, ha az összegyűjtött adatokból számított meghibásodási ráta nagyobb, mint az a meghibásodási ráta érték, amelyet korábban minősítési értéként előírtak és amelyre a minősítés előzőleg már megtörtént.

Az MSZ 247 [5] használata esetén a minősítést vissza kell vonni, ha a szabványban előírt feltételek, amelyek a normális ellenőrzéséről a szigorított ellenőrzésre való áttérésre és az ellenőrzés megszakítására vonatkoznak, bekövetkeztek.

5. A meghibásodási ráta érték és a konfidencia szint előírása

A mintanagyság előírt értéke függ a meghibásodási ráta előírt értékétől és a megadott konfidencia szinttől.

A meghibásodási ráta előírt értékét a következő sorozatból célszerű kiválasztani:

$$1 \times 10^{-5}, 1 \times 10^{-6}, 1 \times 10^{-7} \text{ és } 1 \times 10^{-8} / \text{óra.}$$

A meghibásodási ráták csak előre rögzített időtartamokra vonatkoznak, kivéve azt az esetet, amikor a meghibásodási ráta állandó (exponenciális

működési idő eloszlás). Ha megbízhatóság ellenőrző vizsgálat esetében a fenti értéksorozaton belüli közbelső értékeket célszerű előírni, akkor például a $10^{-6} - 10^{-5} / \text{óra}$ tartományban ajánlatos a következő értékek közül választani:

$$1,5 \times 10^{-6}, 2 \times 10^{-6}, 3 \times 10^{-6}, 5 \times 10^{-6} \text{ és } 7 \times 10^{-7} / \text{óra.}$$

Egy műszaki előírásban legfeljebb öt meghibásodási ráta szintet szabad megadni. A meghibásodási rátát a következő időtartamra ajánlatos előírni:

$$500, 1000, 2000, 5000 \text{ és } 10\,000 \text{ óra.}$$

A fentiek szerint előírt meghibásodási rátákat berendezések tervezése során csak kellő óvatossággal célszerű alkalmazni, mivel ezek a meghibásodási ráta adott konfidencia szintű felső határai (ez azt jelenti, hogy az esetek nagy többségében a konfidencia szint nagyságától függően a meghibásodási ráta értéke ennél kisebb lesz) és így a számításokat kedvezőtlenül befolyásolhatják.

A konfidencia szint — amely megadja, hogy az esetek hány százalékában lesz a meghibásodási ráta tényleges értéke kisebb, mint az előírt felső konfidencia határ — előírásra javasolt értékei: 10%, 60% és 90%. Mivel kezdeti minősítés és meghatározó vizsgálat esetén nagyobb statisztikai biztonság kívánatos, ezért ezekben az esetekben a 60% és 90% szint javasolható, 10%-os szintet csak a minősítés fenntartása esetén szokásos alkalmazni.

A megbízhatóságról hozott döntés rendszerint úgy történik, hogy adott konfidencia szinten előírt meghibásodási ráta értéket ellenőrznek adott ideig tartó vizsgálatl. A mintanagyságot a mintavételi tervek-ből határozzák meg, hasonlóképpen a mintavételi terv adja meg azt az átvételi számot, amellyel a vizsgálat során megfigyelt meghibásodási számot összehasonlítják. Ha a megfigyelt meghibásodási szám kisebb vagy egyenlő, mint az előírt átvételi szám, akkor a tétel teljesíti az előírt megbízhatósági követelményt, ha nagyobb annál, akkor nem megfelelőnek minősítik a tételt ezen a megbízhatósági szinten.

A konfidencia szint és az átvételi szám megválasztása azonban nemcsak műszaki, hanem gazdasági döntés eredménye is. A magas konfidencia szint ugyanis nagy mintanagyságot követelhet meg szigorú megbízhatósági követelmény esetén. Az (1) képletből látható, hogy a meghibásodási ráta előírt értéke fordítottan arányos a mintanagysággal, így a meghibásodási ráta érték egy nagyságrenddel történő csökkentése a mintanagyság egy nagyságrenddel történő növelését eredményezi.

A tétel visszautasítási kockázatának csökkentésére, azaz annak a kockázatnak a csökkentésére, hogy az előírtnál nagyobb meghibásodási rátájú tételből származó mintát a vizsgálat eredményei alapján átvesszük, célszerű magas átvételi számok használata. Ekkor azonban figyelembe kell venni, hogy a nagyobb átvételi számokhoz adott konfidencia szinten nagyobb mintanagyságok tartoznak és így a vizsgálatok költsége ebben az esetben növekszik. A vizsgálati mintanagyságot és így a vizsgálati költséget befolyásoló mintavételi paraméterek hatásának szemlélteté-

4. táblázat 6. Összefoglalás

A mintanagyságok aránya különböző mintavételi paraméterek esetén

| Állandó paraméterek | Változó paraméterek | Minta-nagyságok hányadosa |
|---|--|---------------------------|
| Átvételi szám: $c = 0$, A meghibásodási ráta állandó | Konfidenciaszintek: 90% és 60% | 2,5 |
| Átvételi szám: $c = 2$ A meghibásodási ráta állandó | Konfidenciaszintek: 90% és 60% | 1,7 |
| 60%-os konfidenciaszint Meghibásodási ráta állandó | Átvételi számok: $c = 2$ és $c = 0$ | 3,4 |
| A konfidenciaszint és az átvételi szám állandó | Meghibásodási ráták: 10^{-6} /óra és 10^{-5} /óra | 10,0 |

sére a 4. táblázatban számpéldákat adunk meg. A 4. táblázat 1. oszlopa a mintavételi terv állandó paramétereit tartalmazza, a 2. oszlop a változó paramétereket szemlélteti, a 3. oszlop pedig megadja az ezekhez a változó paraméterekhez tartozó mintanagyságok hányadosát.

A 4. táblázatban ismertetettekhez hasonló megfontolások alapján választható meg a vizsgálatoknak az a mintanagysága, amely műszakilag és gazdaságilag egyaránt indokolt.

Az elektronikai alkatrészek megbízhatósági előírásainak elkészítésekor a következő tényezőket szükséges figyelembe venni:

- a gyártás jellege (egyedi vagy sorozat tételvizsgálat);
- a vizsgálat célja (meghatározó vagy ellenőrző vizsgálat);
- a vizsgálati körülmények (névleges vagy gyorsított vizsgálat);
- a meghibásodási kritériumok (enyhe, közepes vagy szigorú követelmény);
- a mintanagyság és a vizsgálati időtartam rögzítése az alkatrész működési idő eloszlásának ismeretében;
- a meghibásodási ráta, a konfidenciaszint és az átvételi szám meghatározása;
- a kezdeti minősítésre, a minősítés fenntartására vagy visszavonására, a minősítés kiterjesztésére vonatkozó szabályok előírása;
- a vizsgálatok ismétlődési szakaszának előírása.

IRODALOM

- [1] MI—11011: Útmutató az elektronikai alkatrészek megbízhatósági előírásainak készítéséhez (1976).
- [2] IEC—409 Publikáció: Guide for the inclusion of quantitative reliability clauses into specifications . . . (1973).
- [3] IEC—456 (Secretariat 93): Revision of Publication 409 (1976)
- [4] MSZ—11010: Elektronikai alkatrészek megbízhatósági adatainak közzlése (1974).
- [5] MSZ—247: Tömegcikkek matematikai-statisztikai minősítése.
- [6] MI—17099: Megbízhatósági vizsgálatok exponenciális eloszláson alapuló próbavételi tervei (1972).
- [7] MI—17098: Megbízhatósági vizsgálatok Weibull-eloszláson alapuló próbavételi tervei (1974).