

## **Elektronikus számítóberendezések mechanikus részeinek tervszerű megelőző karbantartása**

*Lengyel Mihály alezredes, Dr. Schleider József pa.*

Előző cikkünkben a számítóberendezések szállítási, felállítási, üzembe helyezési problémáit, a leggyakrabban előforduló műszaki hibák típusait és okait, a hibagyakoriságot, a megbízhatóság fokozását közöltük. Ezúttal az elektronikus számítóberendezések mechanikus részeinek tervszerű megelőző karbantartását és a karbantartáshoz szükséges szerszámokat és mérőműszereket ismertetjük.

Cikkünk további — befejező — része az elektronikus részek kötelező időszakos vizsgálatát, a hibakereső programok, műszaki tesztek alkalmazását tartalmazza.

### *I. A tervszerű megelőző karbantartás*

Az elektronikus számítóberendezések nagy megbízhatóságú üzemeltetésének feltétele a tervszerű megelőző karbantartás folyamatos végzésével biztosítható.

A számítógépek, berendezések üzemeltetője mindig arra törekszik, hogy a gépek, berendezések produktív üzemére pontos tervet dolgozzon ki. E szerint határozzák meg a feldolgozandó feladatok és határidők sorrendjét, a bizonylatok beérkezését, illetve az eredmény adatok továbbítását stb. Bármely gép, berendezés kiesése ez alatt a produktívnek tervezett idő alatt mindig nagyon kellemetlen és jelentős kárt okozhat. Ennek lehetőség szerinti elkerülése végett a produktíve kihasználható idő mellett mindig elég nagy időtartalmakat irányozunk elő a megelőző karbantartás végrehajtására, melynek célja, hogy a kialakuló hibákat már akkor felismerjük és megszüntessük, amikor azok hatása még nem korlátozza a berendezés működőképességét. Ezeknek a hiányosságoknak a kiküszöbölését gyakran nem kell azonnal megkezdeni, hanem az a karbantartó személyzet által megállapított időpontra elhalasztható, az ahhoz szükséges időt azonban szintén be kell tervezni.

A megelőző karbantartás nagyon sokoldalú; magában foglalja valamennyi berendezés tisztítását, a mechanikus részek kenését, a speciális

ellenőrző vagy vizsgáló programok futtatását, a beszabályozásokat és a már nem eléggé megbízható alkatrészek cseréjét. A megelőző karbantartáshoz tartozik ezért a hibakeresés is olyan esetekben, amikor még nem kerül sor a berendezés kiesésére. Ha a hibák a berendezés kiesésére vezetnek, a szükséges munkákat a *javítás* fogalma alatt kell összefoglalni.

Jóllehet a hibaelhárítás, a megelőző karbantartás és a javítás alatt pontosan ugyanazon munkák végrehajtását értjük, mégis ezt a formális megkülönböztetést meg kell tenni, minthogy ez lehetővé teszi a hibák szétválasztását olyanokra, melyeket a produktívnak tervezett idő alatt kell kiküszöbölni és olyanokra, melyeket ezen kívül kell megszüntetni. Ez a különbség az üzembiztonság szempontjából igen fontos, mert az mindig csak a produktívnak tervezett időre vonatkozik.

Az egy héten effektíve rendelkezésre álló, úgynevezett naptári időalapot, a 168 órás időalapot — három műszakra számolva — sohasem tervezzük be teljes egészében a karbantartásra, programvizsgálatra és termelésre, hanem jelentős — éjszakai és hétvégi — óraszámot mindig szabadon hagyunk. Ha a berendezés meghibásodik, a javítási munkák ezen szabad időközökben elvégezhetők, illetve a produktíve kihasznált időt meghosszabbítjuk. Hogy a két forma közül melyik a jobb, nagyon erősen függ az éppen fennálló adottságoktól. Olyan munkákat, melyek erős szellemi összpontosítást igényelnek, mint pl. a hibakeresések, lehetőség szerint nem szabad az éjszakai órákra tenni, minthogy az effektivitás túl alacsony.

Egyetlen rendszer sem nyújt 100%-os hibabiztonságot tetszőlegesen hosszú időn át. Az átlagos időtartam két hiba fellépése között, kisebb hibaaarányú építőelemek használatával meghosszabbítható ugyan és hasznos redundancia beépítésével lehetővé válik, hogy pl. egy kiesett építőegység funkcióját kijavításáig egy másik vegye át. Hogy ilyen esetben mindig lehet várni a javítással, megint csak az építőelemek kiesési valószínűségétől függ és a redundancia nagyságától, tehát az egymással párhuzamosan vagy sorba kapcsolt építőegységek számától. Az utolsó redundáns építőegység kiesésével a rendszer is kiesik. Ez azt jelenti, hogy kiesésekkel mindig kell számolni.

A működőképesség és kiesés közötti határ azonban relatívnak tekintendő és a rendszer kifejlesztésénél bizonyos határok betartása mellett rögzíthető. Ez a lehetőség és az a tény, hogy a hirtelen teljes kiesések, valamint az időszakos hibák igen ritkák, míg a messze nagyobb számú fontos rendszerparaméterek kedvezőtlen irányú fokozatos eltolódására vezethető vissza, megadják a feltételt a kialakuló hibák felismeréséhez.

Nevezetesen, ha az elektronikus rendszerek működőképessége és kiesése között előre megadott határértéket pl. a rendszerfeszültségek elállítással úgy módosítjuk, hogy az építőkövek nagyobb terhelést kapnak, mindazok az építőkövek hibákat fognak okozni, melyeknél a rendszerparaméterek kedvezőtlen irányú eltolódása már fellépett, míg azok az építőelemek, melyekben eltolódás még nem lépett fel, továbbra is hibátlanul dolgoznak. Így a határértékváltozás nagysága, melynél az első hiba fellép, tájékoztatást ad a meglevő üzembiztonságról. Hogy a berendezés produktív üzemeltetése alatt nagy biztonságot érnünk el, az ilyen vizsgálá-

latokhoz és a szükséges javítások elvégzéséhez elegendő időnek mindenképpen rendelkezésre kell állnia. Ha a karbantartási időt korlátozzuk, az mindig az üzembiztonság rovására megy.

A számítóberendezés mechanikus része is gondos megelőző karbantartást igényel. Mint az elektronikus berendezéseknél, a legtöbb kiesés itt is fokozatos változás, azaz kopás következményeként fordul elő. Törés vagy hasonló ok miatt bekövetkező hirtelen kiesés az alkatrészek megfelelő méretezése esetén ritka. A karbantartási munkák fő célja a mechanikus részeknél a kopás csökkentése, illetve felismerése. Utóbbi gyakran vizuális ellenőrzéssel is lehetséges. Ezenkívül a vizsgáló-programok úgy készültek, hogy az egyes berendezésrészek nagy mechanikus igénybevételét okozzák.

## II. Az elektronikus számítóberendezések mechanikus részeinek tervszerű megelőző karbantartása

A tervszerű megelőző karbantartás a következő fázisokra osztható:

- a vizsgáló-program lefuttatása a kialakuló hibák felismeréséhez;
- tisztítás;
- ellenőrzés, szemrevételezéssel;
- kopott részek cseréje;
- kenés;
- beszabályozások szisztematikus ellenőrzése;
- záróvizsgálat.

1. A vizsgáló-program segítségével a hibák felismerhetők a készüléknek mind az elektronikus, mind a mechanikus részében. Az elektronikus rész üzemfeszültségeinek változtatásával jól ellenőrizhetők az átmenő érintkezési helyek is az elektronikus és a mechanikus rész között. Ha pl. egy fotoelektromos leolvasónál azt állapítjuk meg, hogy az üzemfeszültségek változtatásánál nemcsak egy, hanem valamennyi sor leolvasása hibás lesz, nem feltételezhető, hogy egy erősítő vagy egy fotodióda módosult, hanem vagy a fényforrás változott, vagy a sugár útjában gyűlt össze annyi por, hogy a szükséges fényerősség a fotodiódákon már nincs meg. Míg normál üzemfeszültségnél a csatolójelfogó a megnövekedett súrlódás ellenére is még elég rövid idő alatt meg tud húzni, erre már nem képes, ha a sorosan kapcsolt erősítő csökkentett kimenőteljesítménye következtében már csak kisebb áram folyik át a jelfogó tekercsén. A csatolójelfogó ez esetben már nem bont. Méréssel megállapítható, hogy a villamos részben vannak-e hibák, vagy a nyomtatási helyek mechanikus kiváltása hibás-e. Ez a felsorolás tetszés szerint folytatható volna, ami azonban ennek a fejezetnek a keretét messze meghaladná, mert a hibalehetőségek rendkívül sokfélék és nagyon erősen függnak a készülék típusától és felépítésétől.

A mechanikus készülékek munkafeltételeinek a beszabályozások elállításával történő nehezítése nem ajánlatos. A szabályozási egységek egyszerű, lehetőség szerint két határérték között könnyen változtatható módosítása szerkezetileg nem oldható meg kielégítően. A költség nagy, és az

üzembiztosság adott esetben jelentősen csökkenne. Ez az oka annak is, miért maradnak a beszabályozások, kevés kivételtől eltekintve mindig változatlanul. Az sem szokásos, hogy a vizsgálat alatt pl. lyukasztó szerzőkkel keményebb közeget lyukasztunk. Lyukkártya-tömblyukasztókra gyakran megadják az egy kártyába lyukasztandó lyukak felső határát. Ez pl. több lyukmintával vizsgálható. Sorlyukasztóknál ilyen korlátozás nem szokásos, úgyhogy egy kártyán mind a 960 lyuk kivágható. Ehhez jönnek még a vizsgálatok az egyoldalú lyukasztásra, kb. olyan formában, hogy a 9—12 lyukasztásokat az egyik kártyánál az 1—10 oszlopokba, majd egy másik kártyába a 70—80 oszlopokba ütjük be, továbbá vizsgálat eltolt lyukasztásra, amelynél pl. az 1. oszlop a 12-es, a 2. oszlop a 11-es, a 3. oszlop a 0-ás lyukat kapja. A kártyavezető pontosságának ellenőrzésére ilyen vizsgálatokat végzünk. Különösen a lyukszalagos készülékeknél irányul a legtöbb vizsgálat a szalagmozgás jelpontos megállapítására. A mechanikus gyorsnyomatatókat vizsgáljuk pl. valamennyi jel eltolt kinyomtatásával egy sorban és ugyanannak a jelnek az egész sorban történő kinyomtatásával. A lyukasztott lyukkártyák ellenőrzése kártyasablonban történik; a nyomtatott képen a jelek tisztasága mellett ellenőrizzük az egyenletes lenyomatot, valamint a jelek állását a képzelt alapvonalon.

2. A mechanikus részekkel bíró perifériális készülékekben jelentős mennyiségű piszkos keletkezik, ami a készülék mindenkor működőképességét erősen befolyásolja. A legpiszkosabb készülékeknek a lyukkártyagépek látszanak, azonban a mechanikus gyorsnyomatatók sem maradnak el lényegesen mögöttük. A mágnesszalagos készülékek sokkal kevesebb port vernek fel, viszont sokszorosan érzékenyebbek. Tiszta és piszkos — nagyon relatív fogalmak, melyeket mindig a készülékkel kapcsolatban kell figyelembe venni, amelyre megadjuk. Különösen a kedvezőtlen körülmények között tárolt lyukkártyákra tapad nagyon sok por; a csak rövid ideje lyukasztott kártyák ellenben aránylag tiszták, minthogy a port a lyukasztókban és ellenőrzőkben leadták. Ott azonban a sokkal kisebb kártyaszám miatt a por mégsem gyűlik annyira össze, mint éppen a gyors lyukkártyaleolvasókban. A közvetlenül a kártyamagazinhoz csatlakozó munkaállás mindig a legpiszkosabb, ezért a tervezésnél feltétlenül gondolni kell rá, hogy az a tisztítási munkához jól hozzáférhető legyen.

Az elpiszkolódásnak az üzem alatt legelőször észlelhető hatásai a leolvasási hibák. Ezek éppenúgy fellépnek a kefehidakon, a letapogató kefék elpiszkolódása következtében, mint az optikai leolvasóknál, minthogy ezeknél a por a sugár útjába ülepszik és végül akadályozza a fotodiódák megvilágítását. Ezek a hibák reverzibilisek, azaz tisztítás után megszűnnek, anélkül, hogy a készülékben kárt okoztak volna.

A por mikroszkópikus, többnyire nagyon kemény részecskékből áll, melyek olajjal és zsírral kapcsolatba kerülve erősen dörzsölő masszát adnak és valamennyi forgórész állóképes idejét erősen csökkenthetik. Ennek a kopásnak a megelőzésére a készülékeket lehetőség szerint tisztán kell tartani és a port már a keletkezési helyen el kell szívni. Ha olajjal és zsírral már összekeveredett, lényegesen nehezebben távolítható el. Emiatt a keveredés miatt is szükség van valamennyi érintett rész gondos letisztítására a rátapadó zsírmaradékoktól. A tisztítandó részt nem lehet min-

dig kiszerezni és azután lemosni, mert ezeket a karbantartási munkákat gyakran hetenként legalább egyszer elvégezzük. A laza, nem tapadó por fáradtság nélkül elszívható; a zsírral keveredett por ellenben többnyire csak szálmentes törlőronggyal, illetve szórét tartó ecsettel távolítható el. Az elpiszkolódott részek sűrített levegővel lefújását gyakran használják, ennek azonban elvi hátrányai vannak. A piszok a készülékből nem kerül ki, hanem csak eloszlik benne és az elhasznált zsiradék mindenfelé szét-szóródik. Ezenkívül az érzékeny részek a nagy nyomás következtében könnyen sérülést szenvednek. Ha a részeket lemoszuk, a mosószerbe mindig olajadaleköt kell keverni. A használt mosószeresek mindig lényegesen folyósabbak, mint az olajok, és ezért azokra a helyekre is benyomulnak, melyeket az olaj csak nagyon nehezen ér el. Speciálisan a kis kilincsekkel stb. ellátott érzékeny részekben fordulhat elő, hogy tiszta mosószeres használatára esetén mindenféle olajmaradékot eltávolítunk a csapágyhelyekről, aminek következményeként rövidesen kopási jelenségek lépnek fel. Ha a mosószerbe azonban elegendő olajat keverünk, az a mosószerrel eloszlik és ezzel elkerüljük „száraz” helyek létrejöttét, mert a mosószer elpárolog és visszamarad az olajfilm. A szükséges olajmennyiség hozzáadagolása erősen függ az érzéktől. Ha a keverékből próbát veszünk az ujjunkra, a mosószer elpárolgása után még éppen érzékelhető olajfilmnek kell visszamaradnia. Túl sok olaj hozzáadása szintén nem tanácsos, minthogy az az érzékeny részeket könnyen ragadóssá teszi és így az üzembiztonságot ugyancsak negatívan befolyásolja.

A nyomóhengerek, betűkarok stb. betűit is meg kell szabadítani a rátapadó piszoktól. A rátapadó részecskék nagy része törlőronggyal vagy tisztítópasztával eltávolítható. Az utóbbit a betűkre nyomjuk, ekkor az ezeken levő szennyeződést a paszta leköti. Nagyon szorosan tapadó részecskék betűkefével is eltávolíthatók. Ennek vagy műanyag, vagy réz sörtéi vannak, úgy hogy a betűk nem sérülhetnek meg. Kemény tárgyakat nem szabad használni. A lyukszalag- és lyukkártya-gépek lyukasztó szerszámait is szükséges óvatossággal kell tisztítani, mert már jelentéktelennek látszó sérülések is erősen korlátozhatják az üzembiztonságot. Ehhez járul még, hogy ezeket a matricákat többnyire csak a berendezést gyártó cég tudja kijavítani, ami gyakran némi kellemetlenséggel jár.

Ennél a tisztítási tevékenységnél nem szabad megfeledkezni a ventilátorok előtt elhelyezett szűrőhálókról. A rátapadó piszokot a kifelé mutató oldal felől kell leszívni. Törlőrongyot nem célszerű használni a piszok eltávolításához az ezáltal adott sérülési veszély miatt. A levegőszűrőt ezt követően újra ugyanabban az irányban kell behelyezni, az egyszer bepiszkolódott rész mindig kívülről maradjon.

3. Tiszta állapotban lehet a leg gondosabb szemrevételezést végezni. Különösen azokat a részeket kell ellenőrizni, amelyek állandó mozgásban vannak, tehát fogaskerekek, csúszósínek, bütüköstárcsák és bütükek, közlőműtengelyek, ékszíjak és fogas szíjak, kapcsolókerekek, kilincsek stb.

Valamennyi rugót is beható ellenőrzésnek kell alávetni, húzórugóknál a beakasztószemek gyakran kinyílnak. Nem tanácsos ezeket visszahajlítani a helyes helyzetbe és a rugót ismét behelyezni, minthogy a szükséges szilárdság már nincs meg és a szem rövid idő múlva kinyílik

vagy letörrik. Ezenkívül valamennyi csavaros és csapos kötés szoros illeszkedését is ellenőrizni kellene, aminek tökéletes végrehajtására azonban a gyakorlatban többnyire nincs lehetőség. Kefés leolvasókészülékeknel a kefék kifogástalan állapotát ellenőrizni kell. Egyes lelapult keféket ki kell cserélni. A kitámasztott kefedrótok kihúzása formájában történő javításokat mellőzni kell, minthogy ezáltal megszűnik a szoros illeszkedés a törzsben és érintkezési nehézségek léphetnek fel.

Igen széles körű karbantartási munkákat igényel a mágnesszalagos készülékek mechanikus része. A gépteremben uralkodó lehető legnagyobb tisztaság ellenére is naponta el kell távolítani a rátapadó port és szalagmorzsalékat a készülék valamennyi helyéről, amelyik a mágnesszalaggal érintkezésbe kerül. Ehhez spiritusszal itatott, szálmentes kendőt használunk. Meg kell tisztítani a hajtó- és szorítóörgöket, valamennyi terelőörgőt, a szalagvezető örgöket, a mágnesfejeket és a vákuumcsatornákat. Ezek a tisztítási munkák a központi egységtől függetlenül végrehajthatók, minthogy a legtöbb esetben nincs mindegyik mágnesszalagos készülék egyidejűleg használatban és könnyen átkapcsolhatók. A szorítóörgök viszonylag erős kopásnak vannak kitéve, úgy hogy a szalagfutást a start-stop-idők betartását a készülék használata szerint, de legalább havonta egyszer ellenőrizni kell. A szorítóörgök egyoldalú kopása mindig a mágnesszalag kifutására vezet a fejen, amit a vezetőörgök már nem tudnak elég megbízhatóan kiegyenlíteni, úgy hogy bizonytalan működés lép fel. A hajtó- és szorítóörgöknek mindig egészen pontosan egy vonalban kell lenniük.

A start-stop-idők mérése oszcilloszkóppal történik, melyet a start-illetve stop-impulzus triggerez. A fej által leadott jeleknek mind az amplitudója, mind a frekvenciája a szalagsebességtől függ.  $U = -d\Phi/dt$  miatt a jelamplitudó annál kisebb lesz, mennél lassabban fut a szalag. Azonkívül a távolság két impulzus között kis szalagsebességnél nagyobb lesz. Ha olyan vizsgálószalagot használunk, amelynél valamennyi nyom végig be van írva, normál szalagsebességnél folyamatos impulzusokat kapunk, amelyeknek a frekvenciára és amplitúdóra vonatkozóan egyeznie kell a beállítási utasításokban megadott értékekkel. Ha az oszcilloszkópot pl. a stop-impulzussal triggerezzük, úgy első impulzusként az kerül jelzésre, melyet közvetlenül a stop után leolvasunk. Minthogy a szalagmozgás erősen lelassul, a leolvasóimpulzusok amplitúdói csökkennek és a távolságok az impulzusok között nőnek. Ha a szalag áll, feszültség nem indukálódik. Ha az oszcilloszkóp második csatornájával ismert frekvenciájú impulzussorozatot képezünk le, az ernyőkép triggerezés következtébeni beállása és a leolvasóimpulzusok kimaradása között jelentkező impulzusok számából következtetni lehet a stop-időre. Hasonlóképpen határozható meg a start-idő. Lebegési jelenségek a start- és stop-folyamat alatt az ernyőképen szintén jól leolvashatók. Az amplitudók ekkor nem egyenletesen nőnek, illetve csökkennek, hanem csúcsokat, illetve töréseket kapnak, melyek az impulzussorozatban is jól megfigyelhetők.

A szabályszerű szalagfutás és a mágnesfej beállítása szintén villamos mérések szerint történik vizsgáló-szalaggal, melynél valamennyi nyom végig 1-gyel van beírva. A vizsgálószalag különleges minőségű mágnesszalag, amelyről feltételezhető, hogy az egy jelhez tartozó bitek pontosan

egymás mellett vannak feljegyezve. Hogy erre a szalagra a vizsgálatok során ne történjék valamilyen hiba következtében ráírás, mindig írógyűrű nélkül dolgozunk. Ha ez a szalag kifogástalanul fut, a leolvasójeleknek az egymás mellé írt bitekhez azonos időben kell megjelenniük. Ha méréshez használt oszcilloszkópnak nincs annyi csatornája, mint a szalagnak (bizonyára mindig így van), a mérést többször meg kell ismételni, míg valamennyi csatornát nem jeleztünk. A különbségeket, melyek a beszállítók helyesbítésével mechanikus úton nem szüntethetők meg (ide tartoznak a fejkombináció elkerülhetetlen gyártási toleranciái is), a leolvasókapcsoláson belül kell kiegyenlíteni. A leolvasókapcsolás mindegyik csatornájának ebből a célból állítható késleltető művonalai vannak. Ezeket úgy egyenlítjük ki, hogy valamennyi leolvasóerősítő egyidejűleg adja le a jeleit. A leolvasás beállítása után következik az írás beállítása. Ehhez a vizsgálandó mágnesszalagos készülék egy szalagot úgy ír be, hogy ugyancsak minden nyomvonalon csak 1-jelölések jelenjenek meg. Egyidejű leolvasással ellenőrizhető, hogy a párhuzamosan a központi egység által továbbított bitek szintén párhuzamosan kerülnek-e feljegyzésre. Ha ez nem így van, a kiegyenlítés az írókörben levő beállítható késleltető művonalak elállításával történik.

A lyukkártyagépekbe többnyire jelentős számú bütökösérrintkező és jelfogó van beépítve. Minthogy a bütökfelületeket a súrlódás csökkenése végett sok esetben gyengén zsírozni kell és a zsír szóródhat az érintkezési felületek közé, az állandó tisztítás okvetlenül szükséges. Ehhez gyakran elegendő egy lyukkártya áthúzása. Ha szikraképződés folytán már kisebb hegedési helyek keletkeztek, ezeket finom csiszolóvászonnal eltávolítjuk. Nagyobb anyagváltozásokat érintkezőrészelőkkel kell megszüntetni. Ha a beépített jelfogók érintkezőihez hozzá lehet férni, karbantartásuk pontosan úgy történik, mint a bütökérintkezőké. Ezenkívül ellenőrizni kell, hogy a két érintkezőrész zárt állapotban teljes felületével síkban felfekszik-e egymáson és érintkezőnyomásuk megfelelő-e. Ennek a nyomásnak a mérése érintkezőrugómérőkkel történik. A névleges nyomást a beszállítási utasítás többnyire megadja, mégpedig mindig az érintkező zárt állapotára. Ezenkívül többnyire adatok vannak még a túlfedésre és az érintkezőfelületek távolságára nyitott állapotban. A nagyon erősen igénybe vett bütökérintkezőket és jelfogókat alkalomadtán az elhasználódó részekhez számítjuk.

4. Elhasználódó részeknek nevezzük a berendezés mindazon részeit, melyeknek csak nagyon rövid élettartamuk van. Itt nem teszünk különbséget azok között, melyek megfelelő felújítás után újra beépíthetők, és azok között, melyek nem javíthatók. A rendkívül rövid élettartamnak több oka lehet, melyekről itt csak röviden kívánunk említést tenni. Gyakran kitűnik, hogy az elérendő élettartam növelése elfogadhatatlanul nagy költséget igényel és ezért gazdaságossági okokból mellőzik. Az is lehet, hogy még nem találtak olyan eljárást, amelytől hosszabb állóképes idő várható, vagy az igénybevétel olyan nagy, hogy a legcélszerűbb anyag is erős kopási jelenségeket mutat.

Pontos, hogy az elhasználódó részek száma kicsi és a várható hibamentes élettartam elég pontosan megadható legyen. Az elhasználódó részeket pontosan ismerni kell, azok könnyen be- és kiszerezhetők legyenek

és kevés beszállítási munkát igényeljenek, úgy hogy a készüléknek a kicseréléséhez szükséges leállítása csak rövid ideig tartson. Az elhasználódó részeket lehetőség szerint szerkezeti egységekbe fogjuk össze, melyeket pl. a készülékben levő központosító csapokkal szabályozunk be. Ha a készülékhez mindig van eggyel több szerkezeti egység, mint amennyi annak működéséhez szükséges, az elhasználódó részek cseréje, valamint a szükséges beállító szerkezeteknek természetesen kéznél kell lenniük. A szerkezeti egységek új építőelemekkel történő beültetése vagy javítása alatt a készülék a csereegységgel dolgozhat. A készülék állásideje csak a szerkezeti egységek cseréjéhez szükséges időtől függ, amely célszerű tervezéssel nagyon rövidre tehető.

Tipikusan elhasználódó részek a fotovillamos impulzusadó lámpák, a lyukkártyaleolvasó készülékekben levő kefék, a lyukasztó szerszámok a nagyon gyors lyukszalaglyukasztóban stb. Lámpáknál a bajonettzárás aljzat használata mindig biztosítja a könnyű és gyors cserélhetőséget. A legtöbb esetben azonban kis toleranciákat kell betartani az izzószál és bajonett között. A lámpákat egyenként cseréljük. Az egyes kefék kicserélése ezzel ezekben túlzottan időigényes, ezért a teljes kefeblokkot cseréljük. A csereblokk néhány perc alatt a helyén van, a készülék a kefék cseréjéhez szükséges idő alatt nincs blokkolva. A harmadik példaként említett lyukasztókészülékekben hasonló a körülmények. A készülékben a teljes lyukasztóblokkot kicseréljük, a bélyegek cseréje és beszállítása stb. a műhelyben történik, úgy hogy ismét csak rövid állásidők lépnek fel.

Így megállapíthatjuk, hogy az üzembiztonságot az elhasználódó részek pótlása nem csökkenti lényegesen, ha alkalmas szerkezeti kialakítással gondoskodunk arról, hogy a csere csak nagyon rövid állásidőt igényeljen és az elhasználódó részek a megadott hasznos élettartam alatt megbízhatóan dolgozzanak.

Az elhasználódó részek cseréje mellett azokat az alkatrészeket is kicseréljük, melyeket a vizsgálatok végrehajtásánál már nem találnak elég üzembiztosnak. Minthogy ezek a munkák több órán át tarthatnak és így meghaladják a karbantartási időre megállapított határt, szükséges, hogy ezeket a munkákat a gyártásirányítással és a felelős dolgozóval egyeztessék.

Nagyobb berendezésekre gyakran több, azonos típusú perifériális készülék csatlakozik, melyek nem mindig szükségesek egy program feloldozásához, hanem az előnyben részesítő vezérléssel összekapcsolva más feladatok megoldására vannak beállítva. Jó koordinálással többnyire elérhető, hogy valamennyi fontos munka tovább folytatható, és csak a legkevésbé szükségeseket kell háttérbe szorítani. Az építőegységek, alkatrészek stb. kicseréléséhez szükséges idő minimumra korlátozásához jó munkaelőkészítés szükséges. Ez a munkafolyamatok átgondolásával és a szükséges szerszámok, mérőeszközök és tartalékalkatrészek készenlétbe helyezésével kezdődik. Mielőtt a kidolgozást megkezdjük, a megfelelő készülékdokumentációban — karbantartási kézikönyv, beszállítási utasítás stb. — tájékozódunk a munkák lefolytatásáról és a különösen figyelembe vendő részletekről. Ez különösen a nagyon ritkán végrehajtható munkáknál hasznos és sok idő megtakarítását segítheti elő. Mindig érvényes az az alapelv, hogy csak a feltétlenül szükséges alkatrészeket kell megbon-



tani vagy kiszerezni, mert azokat a szerelés után többnyire újra be kell szabályozni, és az gyakran sok időt vesz igénybe. Ezenkívül a rendes körülmények között szükségtelen beszabályozások elvégzéséhez szükséges szerszámok és mérőeszközök a berendezésnél gyakran nincsenek kéznél, úgyhogy nagyon szorult helyzetbe kerülhetünk, ha a leszerelésnél meg gondolatlanul járunk el. Itt még inkább érvényes az az alapelv, mint sok más munkánál: „Először megfontolni — azután végrehajtani!”. Minden munkánál tisztában kell lennünk annak kihatásaival, mert csak úgy kerülhetjük el a károkat. A próbálkozás rendkívül veszélyes és tulajdonképpen soha sem megengedhető.

Lehetőség szerint mindig két technikusnak kell együtt dolgoznia. Így gondolataikat kicserélhetik és kölcsönösen figyelmeztethetik egymást a fogyatékoságokra és célszerűtlen fogásokra. Ehhez járul az a tény, hogy a be- és kiszerezési munkákat egyedül többnyire nem lehet jól elvégezni, mert valakire szükség van a „tartás”-hoz. Minden munkánál inkább ésszel kell dolgozni, mint erővel. Mielőtt a nagykalapácshoz nyúlnánk, meg kell vizsgálni, nem felejtettük-e el valamelyik helyen a biztosítógyűrű vagy -csap eltávolítását. A számítógépgyártásban nem szokásos olyan részeket összezsúfolni, melyeknél a szétszedés szükségessége fennáll. Valamennyi alkatrész ezért csak nagy erő kifejtéssel illeszthető össze, illetve távolítható el egymástól. Golyóscsapágyaknál, fogaskerekeknél stb. ne a kalapáccsal dolgozzunk. Ezek az ütések egyenlőtlenül hatnak és már a szerelésnél megteremthetik a gyors kopás feltételeit. Ilyen részek rásajtolása, illetve lehúzása olyan szerkezettel történjék, amelynél az erőt orsókkal vagy hidraulikus úton fejtjük ki. Hogy az erőt a golyóscsapágyaknál mindig azon a gyűrűn kell kifejteni, amelyre az ellenerő hat (belső gyűrű a tengelyekre felhúzásnál, külső a furatokba tolásnál), bizonyára nem igényel külön indoklást. Valamennyi csavart és egyéb rögzítő alkatrészt olyan szorosan húzzunk meg, ahogyan a felhasználás célja megkívánja. A készülék rázkódásától semmi esetre sem lazulhatnak fel maguktól, de az is helytelen felfogás, hogy a kis csavarokat teljes erővel meghúzzuk. Ezáltal többnyire kiszakad a menet, úgyhogy a csavarok csak nagyon nehezen távolíthatók el vagy letörnek. Letört csavarszárok eltávolítása a zsákfuratokból többnyire a menet megsértéséhez vezet, és ugyanolyan méretű utánvágás gyakran eredménytelen. Ha a következő menetnagyságot használjuk, az érintett rész szilárdsága már megengedhetetlen mértékben csökkenhet. A kulcsok hossza olyan, hogy a vele kifejtendő erő elég a csavarok és anyák meghúzásához. Toldalékok használatát mellőzni kell, hogy ne idézzük elő az előbbieken említett hiányosságokat. A csavarok és anyák önmaguktól való lazulása ellen védelmet nyújtanak a rugós alátétgyűrűk és fogastárcsák. Gyakran használunk biztosítólakkot is, mely a csavar, anya vagy csap szoros kapcsolatát hozza létre a környező anyaggal.

A hibátlanul dolgozó készülék elakadása visszavezethető mind törésre, mind egy vagy több rész normál kopására. Alkalmas szerkezeti kialakításokkal kell gondoskodni arról, hogy törések csak kivételes esetben forduljanak elő. Mindig meg kell vizsgálni, hogy a kiesés magának a tört résznek a kifáradása következtében lépett-e fel vagy fokozott igénybevételelre vezethető vissza, amit más részek megengedhetetlen elváltozása idé-

zett elő. Az első esetben a szabályszerű működés többnyire helyreállítható a hibás rész pótlásával. A tört résszel közvetlenül együtt dolgozó részeket azonban ellenőrizni kell a beszabályozások betartására nézve, mert mindenképpen előfordulhat, hogy ezek a törés következtében elállítottak. Ezekkel az ellenőrzésekkel felismerjük ezeknek a részeknek a lehetséges sérüléseit is. Ha a sérülés viszont külső befolyásokra vezethető vissza, semmi értelme sincs, hogy csak a tört részt cseréljük ki. Meg kell szüntetni a hiba okát is, ami csak újabb beszabályozással nem mindig lehetséges. A cserénél abból kell kiindulni, hogy azonos keménységű és terhelésű részek kölcsönösen egyformán erősen kopnak. Ilyen esetben nem nagyon segít, ha csak a két rész egyikét cseréljük ki. A berendezés üzembiztosságát ezzel nem állítottuk ismét teljesen helyre; a másik rész is hamarosan ki fog esni és az érintett készülék újabb leállítását teszi szükségessé. Ehhez járul még, hogy sorja képződhet a részben kopott részekben, továbbá ezek az új részekben az egyenlőtlen kopás következtében csak nem megfelelően nagy felülettel tudnak felfeküdni, vagy más hatásokkal az új rész kopását erősen gyorsítják. Ezért mindig érvényes az alapelv, hogy közvetlenül együtt dolgozó részeket együtt is cseréljünk ki. A gyakorlatban azonban sok olyan eset van, amelyekben egy alkatrész pl. egy másikon keresztül sok más alkatrészrel dolgozik együtt, úgyhogy bizonyos láncreakció jönne létre. Ez ellen a szerkezeti felépítés oldala felől védekezhetünk, amennyiben a központilag elhelyezett részt kevésbé kopásálló anyagból gyártjuk, mint a többi. Ezzel az intézkedéssel a kopás egyetlen alkatrészre összpontosul, és normál esetben csak ezt kell kicserélni.

5. A kenés befolyását a mechanikus részek élettartamára már említettük. Golyós-, görgős-, tügörgős csapágyak stb. gyakran teljesen karbantartás-mentesek. Teljesen zártak és annyi zsírral vannak feltöltve, hogy pótlás vagy felújítás teljes élettartamuk alatt szükségtelen. Nyílt csapágyakba piszok hatolhat be, úgyhogy a zsírkészlet kicserélése szükséges. A régi zsírmaradékokat teljesen ki kell mosni annak érdekében, hogy idegen test a csapágyban ne maradjon. Azután a golyóscsapágyzsírt az egyik oldalról benyomjuk a csapágyba mindaddig, míg a másik oldalon ki nem jön. A zsírt ezután mindkét oldalon szétkenjük. A csapágyat sohasem töltjük tömören meg, minthogy a zsírnak szüksége van elegendő mozgási térre és a kiterjedés lehetőségére. Ha a csapágy túlságosan tele van, a zsír csak elégtelenül kering, és a kenés romlik. Fogaskerekek kenéséhez lehetőleg nagy viszkozitású zsír használata esetén sincs sok értelme nagyon sokat rárakni, mert ez is leszóródik vagy sok piszkot köt le.

A kopás kis zsírmennyiségekkel történő gyakoribb kenéssel sokkal jobban korlátozható, mint vastag zsírrétegek felrakásával nagy időközökben. Bütykös tárcsákon futó görgőket rendszerben vékony olajfilmmel látunk el. Semmi esetre sem használható itt sem a „Sok, sokat segít” jelige, minthogy a fölösleges olaj lefut és ugyanúgy csak piszkot köt le. Sok, csak kis mértékű súrlódásnak kitett résznél elegendő vékony olajfilm felrakása a Spry-olaj segítségével. Ennek az az előnye, hogy az olajat egyébként nehezen elérhető helyekre is fel lehet rakni, mindenesetre megfelelően rossz célbiztonsággal és adagolhatósággal.

6. Mindegyik készülék csak akkor ér el kielégítő üzembiztóságot, ha az jól beszabályozott. A legtöbb esetben távolságok beállításáról van szó,

melyeket vagy hézagmérőkkel, vagy speciálisan megtervezett mérőszerszámokkal mérnek. Minden készülékhez tartozik egy besزابályozási utasítás, amelyben valamennyi méret meg van adva. A felcserélések kizárása végett a besزابályozási utasítás vázlatokat tartalmaz, vagy a mindenkori érintett részek fényképeit is, melyeket méretadatok egészítenek ki. Kiegészítő magyarázatok vonatkoznak a méréshez használandó mérőeszközökre, megadják, hogy mely géppontoknál kell a mérést végrehajtani és milyen besزابályozásokat kell a megjelöltekkel együtt ellenőrizni, mint-hogy azok együttesen változnak. A besزابályozási méreteket mindig toleranciahatárokkal adják meg. Valamennyi besزابályozást a lehető leg-pontosabban kell végrehajtani, a toleranciahatárokat nem szabad túllépni. Mennél kisebb határokat vontak meg, kivitelezésük annál nehezebb és idő-igényesebb. Ezt a gyártó cégnek is figyelembe kellene vennie. Nem ritkán fordul elő, hogy teljesen jelentéktelen helyeken  $\pm 0,01$  mm toleranciákat adnak meg. Az ilyen adatok aláássák a besزابályozási utasítás iránti bizalmat, minthogy azonnal kétségessé válik, hogy a más helyeken megkövetelt pontosságra tényleg szükség van-e. Így fennáll az a veszély, hogy alapot teremtenek a karbantartó személyzet lelkiismeretességének lazítására, és ez sem a gyártó cégnek, sem az üzemeltetőnek nem áll szándékában.

Ha alkatrészeket cserélünk ki, valamennyi azzal összefüggésben álló méretet az utasításnak megfelelően újra be kell szabályozni. Hogy valamennyi méret szisztematikus ellenőrzése és utánszabályozása megállapított turnusban hasznos-e, általánosan nem állítható, de nem is tagadható. Valamennyi rész ki van téve bizonyos elhasználódásnak, és csak akkor várható az üzembiztonság romlása, ha az egy bizonyos nagyságot elért. A legtöbb esetben azonban egy alkatrész kopása önmagában nem érdekes. Ha az együtt dolgozó részeknek az elhasználódása ellentétes irányú, az üzembiztonság mindenképpen adott, jöllehet a méretek a toleranciahatárokon kívül esnek. Így a gyakorlatban nem ritkán fordul elő, hogy az üzembiztonság az előírt méretek helyreállítása után már nincs meg, míg a készülék előzőleg még hiba nélkül dolgozott.

E tények végeredményeként a készülékeket sok helyütt addig futtatjuk, míg a súlyosbított üzemi feltételek mellett végrehajtott vizsgálatoknál hibák nem lépnek fel. Csak akkor ellenőrizzük, esetleg helyesbítjük a besزابályozásokat vagy az alkatrészeket kicseréljük. A másik lehetőség az alkatrészek azonnali cseréje, mihelyt a besزابályozások eltéréseket mutatnak, attól függetlenül, hogy az üzembiztonság az újabb besزابályozással elérhető-e vagy sem.

Mindkét eset szélsőséges, melyet következetesen nem volna szabad követni. Sokkal célszerűbb a jól mérlegelt középút. Az alkatrészek minden cseréje az érintett készülék üzemen kívül helyezésével jár. A kiesés következtében és a beépítendő pótalkatrészre költségek merülnek fel; a karbantartó személyzetnél járulékos költségek nem jelentkeznek, ha állomáshelye mindig a berendezésnél van, ami rendszerint fennáll. Az újra besزابályozás gyorsabban történik, mint a csere, tehát kevesebb kiesési költséget okoz és semmilyen anyagköltség nem merül fel. Hogy az üzembiztonság az új besزابályozás következtében teljes értékű, azzal is egyet kell értenünk. Ha viszont azzal kell számolni, hogy a hiba rövid idő múl-

va újra fellép, azonnali cserét kell végezni. Azonkívül fel kell vetni a következményes jelenségek kérdését, melyek abból adódhatnak, ha az azonnali cserét elhagyjuk. Ha egy újabb kiesés esetében járulékos kopás várható, esetleg még lényegesen értékesebb részekben, az újra besabályozástól el kell tekinteni és azonnali cserét kell végrehajtani. A mindenkori helyes döntés meghozása nagy szakismeretet és tapasztalatot kíván.

Ezek mellett a távolságok szerint mérendő besabályozások mellett igen nagy számú olyan besabályozás van, melyet az idő szerint kell mérni. Ide számítjuk pl. az érintkezőket, melyek zárasi és szakítási ideje pontosan adott. Néhány kilincsnek, emeltyűnek, bütökstárcsának stb. bizonyos időpontban meghatározott állást kell felvennie. Az időket mind a gépjárások pontjaira vonatkoztatják, ezért a legtöbb mechanikus készüléknek alkatrésztárcsája is van, amelyen valamennyi géppont és azok felosztása meg van adva. Bütökérintkezők csak a készülék nyugalmi állapotában szabályozhatók be, mert a nagy üzembiztonságú, egyszerű szerkezetek elérése végett mindig csak a bütök állítható el a hajtótengelyen, míg az érintkezőtömbök rögzítve maradnak. Ismerünk ugyan számos bütökkonstrukciót, melyek lehetővé teszik az üzem alatti besabályozást, de ezt az előnyt csak nagy költséggel lehet megvásárolni, mivellett az üzembiztonság többnyire kisebb és az ár nagyobb, mint az elsőnek említett bütöknél. Futás alatt beállítható bütököket ezért csak egyenként, különleges feladatokra építenek be. A bütökidők besabályozásához a kapcsolandó vezetékeket többnyire lebontjuk és helyettük ohmmérőt kapcsolunk rá. Ha az érintkező szakít, az ohmmérő végtelen ellenállást mutat és zárt érintkezésként az ellenállás nulla.

Ha a hajtóművet motorerővel, és így névleges sebességével futtatjuk, az érintkezők az érintkezőalátétek gyorsítása következtében a felfutó bütökök révén már valamivel korábban zárnak, mint ahogy a kézi beállításnál zártak. Hogy ez az eltérés mekkora, erősen függ a bütök emelkedésétől, az érintkezők rugóerejétől és az érintkezők nyitott állapotú távolságától. Hasonló eltérések adódnak, ha pl. valamelyik kilincs pontjait stb. kézi meghajtással állítottuk be. Ebből világos az az igény, hogy valamennyi időfüggő mechanikus besabályozást névleges fordulatszám mellett ellenőrizzünk. Ehhez nagyon alkalmasak a sztroboszkópok.

7. Végül az érintett készüléket a már említett vizsgálóprogrammal újra ellenőrizzük és ha többszöri lefutásnál sem lép fel hiba, rendelkezésre bocsátjuk. Ha a készüléknek mind mechanikus, mind elektronikus része van, utóbbit szintén ellenőrizni kell. A két rész közvetlen együttműködése következtében a vizsgálóprogramok mindig úgy készülnek, hogy a mechanikus és elektronikus rész vizsgálatát együttesen végezzék.

### III. Szerszámok és mérőműszerek

A szükséges karbantartási és javítási munkák végrehajtásához, valamint a hibakereséshez jelentős számú szerszámra és mérőeszközre van szükség. A mérőműszerek hiánya a hibakereséshez és a besabályozások elvégzéséhez szükséges időt hosszabbítja meg. Ha a célszerszámok hiá-

nyoznak, a munkák pontos kivitele lehetetlen, sőt a készülék sérülése is előfordulhat.

A speciális műszereket és szerszámokat a legtöbb esetben a berendezéssel együtt — mint tartozékokat — szállítják. Darabszámuk, fajtájuk különböző, ezért teljességgel ismertetésük ezen a helyen lehetetlen. Ha a berendezéssel nem szállítottak speciális szerszámokat, akkor a gyártó cégtől azokat sürgősen meg kell rendelni.

A gyakran szükséges szerszámokat a technikusnál, a ritkábban használt szerszámokat a műhelyben kell tárolni. Ugyanez vonatkozik a mérőműszerekre is.

A technikusok kézi szerszámainak elhelyezéséhez célszerű az áttekinthetően kialakított, rekeszes táskák alkalmazása. A technikusnál kb. a következő szerszámok és mérőeszközök legyenek:

1. Különböző hosszúságú csavarhúzó, 2 mm és 6 mm közötti szélességgel és 1 mm-es lépcsőzésben.

2. Fogókra igen nagy választékban van szükség. Az elvégzendő munkáknak megfelelően kb. 12 cm összhosszúságig megfelelnek a nagyságok. A szerszámtáskában kell még lennie hegyes, lapos, gömbölyű fogónak, oldalcsípőfogónak és egy készlet jusztirozó fogónak is.

3. Kulcsok 2 mm-től 6 mm-ig, 0,5 mm-es lépcsőzésben, azután 12 mm-es kulcsnyílásig 1 mm-es lépcsőzésben. Továbbá egy 14 és 17 mm-es, valamint egy 19 mm-es. Hogy az ennél kisebb kulcsokra még szükség van-e, lényegében a karbantartandó készülék típusától függ.

4. Csőkulcsokra és csillagkulcsokra a csavarkulcsokra megadott nagyságokban van szükség, de max. 11 vagy 12 mm-ig. Nagyon alkalmasak a kombinált készletek egy vagy két nyéllel, megfelelő számú toldalékkal és csőkulcs-szárral.

5. Hatszög- és négyzetlyukú kulcsok olykor szintén szükségesek. A felső határ kb. 6 mm, az első gyakran 1 mm. A lépcsőzést a követelményeknek megfelelően kell meghatározni.

6. Rugóhorgokra több nagyságban van szükség. A berendezésrészek sérüléseinek elkerülése végett ezeket rézből kell készíteni.

7. Lapos és hegyes csipeszek, kalapács (kb. 100 g), forrasztópáka (kb. 60 W), fogorvosi tükör, hézagmérő, 0,05 mm, legvastagabb 1 mm-ig, feszültségtapintó.

A fent említett szerszámok mellett a műhelyben az alábbi szerszámoknak kell lenni:

1. Különböző nagyságú és alakú simító és nagyoló reszelők.

2. Acél és réz rajztűk.

3. Lyukasztók (saszegbeverők) és pontozók, többféle nagyságban.

4. Kézi fémfűrész.

5. Lemezollók, egyenes és kerekített vágóélekkel.

6. Villamos kézi fűrőgép fűrőkkel kb. 1 mm-től 10 mm-ig, 0,1 mm-es lépcsőzésben.

7. Kúpos és csapos süllyesztők.

8. Hengeres és kúpos dörzsár.
9. Vágószerszámok belső és külső menetekhez.
10. Forrasztópákák, 100 és 200 W.
11. Kalapácsok 1000 g-ig, valamint gumikalapács, fakalapács, ólomkalapács.
12. Különböző nagyságú élesítő berendezések.
13. Egyengetőlap, legkisebb méret 200 mm - 200 mm.
14. A készülékrészek tisztításához különböző nagyságú műanyagcsészek ecsetekkel.
15. Kis légsűrítő berendezés.
16. Porszívó.
17. Olajozó és zsírozó fecskendők.
18. Famegmunkáló szerszámok (fűrészek, fúrók, gyaluk, ráspolnyok stb.).
19. Mérészközök (2 és 20 m-es mérőszalag, kb. 500 mm-es acél mérővonalzó, tolómérce, mikrométer, derékszög, talpas acélderékszög).

Az eddig felsorolt szerszámok erősen korlátozott minimális követelményt jelentenek. Ezért előfordul, hogy a szükséges munkák elvégzéséhez idegen segítséget kell igénybe venni. Ennek elkerülése érdekében a bővítés nagyon is ésszerű. Elkerülhetetlen az alábbi bővítés, ha olyan munkákat is el kell végezni, mint gépalkatrészek, szerkezetek és egyéb segéd-eszközök készítése.

1. Esztergapad, csúcstávolság kb. 400 mm, csúscmagasság kb. 100 mm.
2. Precíziós fúrógép.
3. Csiszolóblokk.
4. Kis vágóolló.
5. Kis csavarsajtoló, vagy hidraulikus prés.
6. Satuk, 50 mm és 120 mm közötti pofaszélességgel.
7. Egyengetőlap kb. 400 mm x 400 mm.
8. Készülék a keményforrasztások végrehajtásához.

Továbbá számos elektromos műszer szükséges a villamos mennyiségek méréséhez, illetve mérőjelek előállításához. Az alábbi készlet összeállításánál feltételeztük, hogy az elektronikus építőegységeket a berendezés üzemeltetőjének műhelyében kell javítani és azt követően működőképességre ellenőrizni. Ha valamennyi javítást a gyártó cég központi műhelyében végeznék el, a 7. ponttól kezdve felsorolt műszerekre — a berendezés mellett — nincs feltétlenül szükség.

Műszer szükséglet:

1. Kombinált mérőműszerek egyenfeszültség és egyenáram méréséhez; feszültségmérési tartomány kb. 1 V-tól 100 V-ig, árammérési tartomány kb. 10 mA-tól 6 A-ig, belső ellenállás kb. 20 k $\Omega$ /V, 1,5 mérési pontossággal.
2. Kombinált mérőműszerek váltakozó feszültség és váltóáram mérésére; feszültségmérési tartomány kb. 2,5 V-tól 500 V-ig, árammérési

tartomány kb. 100 mA-tól 6 A-ig, belső ellenállás kb.  $5\text{k}\Omega$  V, 1,5 mérési pontossággal.

3. Ellenállásmérő műszerek; mérésitartomány kb.  $1\Omega$ -tól  $100\text{ k}\Omega$ -ig.
4. Kétsugaras oszcilloszkóp.
5. Utánvilágító oszcilloszkóp.
6. Sztroboszkóp.
7. Tranzisztormérő műszer.
8. RLC-mérőhíd.
9. Impulzusgenerátor.
10. Hálózati tápegység.
11. Autótranszformátor.
12. Vezeték anyagok (árnyékolt és árnyékolás nélküli), csatlakozózsírok, krokodilcsipeszek stb.

Az elektronikus számítóberendezéseken végzett karbantartáshoz és hibakereséshez a legfontosabb mérőműszer a katódsugár-oszcilloszkóp. Minthogy a jelek időbeli függéseit nagyon sok mérésnél jelentős szerepet játszanak, az oszcilloszkópoknak lehetővé kell tenniük legalább két mérőfeszültség egyidejű vizsgálatát.

A mérendő folyamatok négy csoportba oszthatók:

1. Kvázi (közel) sztatikus (állandó) jelek mérése.
2. Néhány Hz-es impulzusismétlődési frekvenciájú repetitív — ismétlődő — jelek mérése.
3. A kilo- és megahertz frekvencia tartományú repetitív jelek mérése.
4. Kvázi egyszerű jelek mérése.

Ha tápfeszültségektől eltekintünk, a digitális számítóberendezésekben szorosan véve egyáltalán nincsenek sztatikus jelek, mert minden jel bináris információk hordozója és ezért a 0 és 1 leképzéséhez megállapított feszültségek között váltakozik. Nagyon eltérő lehet azonban ezek előfordulási gyakorisága, és éppen ezért e szerint végzik az osztályozásukat.

Kvázi sztatikus jelek az olyan jelek, melyek pl. csak kézi beavatkozás esetén változnak, valamint minden egyéb jel a berendezés leállítása esetében. Mérésük csak olyan oszcilloszkópokkal lehetséges, melyek az egyenfeszültségek jelzését lehetővé teszik. Ezeknél megkülönböztetjük a rendkívül alacsony impulzusismétlődési frekvenciájú jelzéseket, mint amilyeneket pl. a be- és kimenő jelek, melyeket a berendezés büttykös-érintkezői adnak, és az elektronikus vezérlésen belül fellépő, több kHz frekvenciájú impulzusokat. A legnagyobb mérendő frekvencia az ütemimpulzus frekvenciája. Az oszcilloszkóp fűrészfog feszültség frekvenciájának lehetővé kell tenni, egy ütemimpulzus legalább 1 cm széles leképzését. A folyamatjelek lényegében lassabbak, mint az ütemimpulzusok, de még mindig a kilohertes tartományba esnek. A periférikus berendezések jelei olyan lassú változású jelek, hogy a képernyőn már nem jelenik meg álló kép. Ezért az ilyen jelek méréséhez olyan hosszú utánvilágítású oszcilloszkópot kell alkalmazni, hogy a leképzett jel zárt görbének látszódjék.

Kvázi egyszери jeleknek azokat nevezzük, amelyek rendszertelen időközökben lépnek fel és bizonyos műveletek elvégzésétől függenek. Ilyenek a koincidencia jel, amelyet egy adott cím bitjeinek a keresett tárolóhely címbitjeivel való egyeztetésre adnak, valamint a műveleti végjel, melyet egy művelet végén adnak. Míg a kvázi sztatikus jeleknél a 0-ról 1-re változás után, vagy fordítva, az új állapot ismét hosszú időn át megmarad, a kvázi egyszери jeleknél csak nagy időközökben lépnek fel rövid impulzusok, illetve csak egyetlen impulzus lép fel. Az impulzus előtt és után ugyanaz a jelállapot áll fenn.

A számítógépek javításához csak olyan oszcilloszkópok alkalmazhatók eredményesen, amelyek mérési tartománya, mérési pontossága, utánvilágítása, határfrekvenciája, erősítése lehetővé teszi az előzőekben ismertetett jelek jelalakvizsgálatát.