

A helyközi távbeszélő-hálózat átviteli útjainak statisztikus jellemzői és megfigyelt használhatósága

ETO 621.395.742:621.391.8

A Helyközi Távbeszélő Igazgatóság (HTI) üzemelteti a távbeszélő-, táviró-, zene és adatjelek városok közötti átvitelére használatos átviteli utakat. A szolgáltatások zavar érzékenysége különböző, de minden információ zavartalan átvitelét kívánják az előfizetők. Ezért olyan vivőfrekvenciás berendezéseket igyekszünk alkalmazni, amelyek megbízhatóságát alkalmas adatokkal tanúsítani tudja a gyártó cég.

A berendezések megbízhatóságát a következő adatok jellemzik:

- A főbb berendezés egységek hibái közötti átlagidő (MTBF), amelyet években adnak meg.
- A berendezéscsalád alkatrésztípusainak hibaaránya vagy valamely egységek hibaaránya, amelyet FIT-ben adnak meg (10^{-9} hiba/üzemóra).

Ezek az adatok teszik lehetővé gyártmányok összehasonlítását a várható megbízhatóság szempontjából. Kedvezőtlen, ha a gyártó cég nem tudja ezeket az értékeket hitelt érdemlően megadni, vagyis a cég nem tekinti a megbízhatóságot alapvető kérdésnek.

A HTI-nek azonban másfajta paraméterekre is szüksége van, amelyek az átviteli szolgáltatás minőségét jellemzik, mivel a belföldi hálózat a nemzetközinek is részét jelenti.

Miért szükségesek új paraméterek? Miért nem elegendő az MTBF és a hibaarány?

Az átviteli összeköttetés vonalszakaszokból és berendezésekből áll. A vonalszakasz két végén végberendezés van, amelyet kábel vagy mikrohullámú összeköttetés kapcsol össze.

A berendezések különbözők, vannak régebbi rendszerek, amelyekben elektroncső az aktív elem, de többségük tranzisztorszálalt. A csoportok, főcsoportok és a vonalszakaszok rendszerint automatikus pilot-szabályozásúak, és vannak szabályozás nélküliek is.

A HTI Fejlesztési Osztálya mérésorozatot indított a statisztikus jellemzők meghatározása érdekében, hogy lássuk a minőség ingadozását. Ez az ilyen jellegű megfigyeléseknek és eredményeknek összefoglalása.

Egy átviteli út lehetséges állapotai

Egy összeköttetés jellemzésének fontos feltétele, hogy ismerjük azokat a lehetséges állapotokat, amelyeket fel kell használni az összeköttetés minősítésekor.

Normál állapot

Egy összeköttetés akkor van normál (specifikált) állapotban, ha a CCITT ajánlásainak megfelelően működik, vagyis a szolgáltatás minősége kifogástalan.

Zavart üzemállapot

Az összeköttetés akkor van zavart működési állapotban, ha paraméterei közül legalább egy lényegesen rosszabb egy rövid időre, mint a CCITT ajánlásai által meghatározott érték. Ez a rövid idő a szolgáltatás típusának megfelelően különböző, de mondhatjuk általában, hogy 300 ms-nál kisebb.

A zavarok két típusával kívánok foglalkozni:

- rövid idejű megszakadás az, amikor az összeköttetés maradécsillapítása a névlegesnél 10 dB-lel nagyobb,
- impulzus zajnak nevezzük azt a jelenséget, amikor az összeköttetés zaja rövid ideig meghaladja a 18 dB jel-zaj távolsághoz tartozó szintet. Ez a rövid idő a CCITT V.55 ajánlása szerint 50 μ s-nál hosszabb.

A szolgáltatást ezek a zavarok csak rövid időre szakítják meg, ezért az átvitel a zavar megszűntével emberi beavatkozás nélkül folytatható.

A rövid idejű megszakadás okozta zavart működési állapotot a megszakadások közötti átlagidő jellemzi:

$$M_i = \frac{t_s}{n_i}, \quad (1)$$

ahol: t_s az ellenőrzés időtartama órában, n_i pedig a t_i (ms) időtartamú megszakadásoknál hosszabbak, de 300 ms-nál rövidebbek darabszáma.

A zajimpulzusok által okozott zavart működési állapotot a zajimpulzusok egy órára jutó átlagos darabszáma jellemzi.

$$F_n = \frac{n_i}{t_s}, \quad (1a)$$

ahol: t_s az ellenőrzés időtartama órában, n_i pedig az ellenőrzés ideje alatt számlált azon zajimpulzusok száma, amelyek csúcserője a beállított szintkülöbségnél nagyobb volt.

Üzemképtelen állapot

Ha a megszakadás időtartama hosszú, információ-átvitel egyáltalán nem lehetséges. Ez az üzemkép-

telen állapot. Ezen állapot után általában a fenn-tartó személyzetnek el kell háritani a hibát, és az összeköttetést újra kell felépíteni, mivel 300 ms-nál hosszabb megszakadás esetén a távhívó-központok elbontják az összeköttetést.

Az *üzemképtelen állapotot* a kiesési időarány (DTR) jellemzi, ami lényegében az üzemképtelen állapot valószínűsége:

$$X = \frac{L}{M+L} \cdot 1000, \quad (2)$$

ahol: L az üzemkiesés időtartama órában, M az üzemképes állapot időtartama órában, $t_s = L + M$ az ellenőrzés időtartama, X a kiesési időarány ezrelékben kifejezve

A *használhatóság* a kiesési időarány ellenkezője, a jó átvitel valószínűsége. Ezt a kiesési időarányból a következő módon számíthatjuk ki:

$$A = 1000 - X, \quad (3)$$

ahol: X a kiesési időarány ezrelékben kifejezve, A pedig a használhatóság szintén ezrelékben.

Tényleges összeköttetés jellemzői

Ha egy átviteli utat eléggé hosszú ideig figyeltünk meg, akkor 5 statisztikus jellemzőt tudunk egyértelműen megállapítani, amelyek a minőséget jellemzik:

- a normál állapot maradécsillapítása normál eloszlású, ezért két paraméter jellemzi: a középérték eltérése (D) a névlegestől, s a normál szórárs (S). A CCITT Zöld Könyv G.151.A ajánlása belföldi áramkörre megadja a határértéket: $S = i$ dB és $D = 0,5$ dB maximum.
 - M_i a megszakadások átlagos ismétlődéseideje megadja egy szolgáltatásra vonatkozóan a két megszakadás közötti zavartalan órák átlagos számát. A szintcsökkenést akkor nevezzük megszakadásnak (a CCITT 0.62 ajánlása szerint), ha mélysége 10 dB vagy annál nagyobb,
 - F_n a zajimpulzusok óránkénti átlagos száma megadja, hogy hány zavarást okozott zajimpulzus egy átlagos órában. A CCITT V.55 ajánlása tartalmazza a zajimpulzus számláló specifikációját. Ez a számláló az 50 μ s-nál hosszabb zajcsúcsokat számlálja, ha amplitúdójuk egy előre beállított szintküszöbnél nagyobb. Ez a szintküszöb -18 dBm0 távbeszélő csatornánál és -21 dBm0 bérelt áramkörnél.
- A zajimpulzusok számlált mennyisége legfeljebb 70 db/óra lehet.
- „A” használhatóság a normál állapot időarányát mutatja meg, az ellenőrzési időtartamra, vagyis az összeköttetés hatásfoka.

Tapasztalataink szerint megbízható értékeket akkor kapunk a statisztikus jellemzőkre, ha a vizsgálat időtartama legalább 10 nap. Kivétel a használhatóság, amelynek megállapításához legalább 2 hónapos ellenőrzési idő szükséges. A mintavétel gyakorisága 3...10 másodpercenként látszik optimálisnak.

Mérőberendezések

Különböző műszereket használtunk az áramkörök és az áramkörnyalábok ellenőrzésére. Ezek között volt külföldi, belföldi és a Helyközi Távbeszélő Igazgatóság által készített:

- A szinteloszlást olyan berendezéssel mértük csatornán, amelynek 12 szinttartománya van, és a mintavétel periódusideje beállítható.
- A kiesési időt olyan mintaszámlálóval figyeltük, amelynek 12 bemenete van, s a bemenetek közül valamelyiken megjelenő földpotenciál időtartamának mérésére alkalmas.
- A rövid megszakadások számát egy megszakadásszámláló akkor észlelte, ha a megszakadás időtartama az előre beállított időkülönböznél hosszabb volt.
- A rövid idejű megszakadás-osztályozó a megszakadás időtartamát méri és idő szerinti osztályokba sorolva számlálja.
- A szinteltérés-számláló ellenőrzi a szintet és méri az alsó szintküszöb alatti időt, ill. a felső szintküszöb feletti szinttöbblet időtartamát külön-külön.
- A zajimpulzus-számláló az előre beállított szintküszöbnél nagyobb zajcsúcsokat számlálja.

Mérési eredmények

Néhány áramkör szinteloszlása

Három különböző minőségű helyközi áramkört választottunk ki és ellenőriztük őket egy olyan berendezéssel, amely a szintet 12 tartományba osztályozta, hogy megkapjuk a szinteloszlásukat. Az 1. ábra mutatja a szinttartományok mintáinak darabszámát, gyakoriságát. A 2–11. tartomány szélessége $\pm 0,5$ dN, de az 1. és 12. tartomány egyik oldalán nyitott. Ugyanitt az 1. tartomány $-6,5$ dN-től $-\infty$ dN-ig tart. Ezért ennek mintáit a megfigyelt trónk üzemképtelen állapotát jelzőnek tekinthetjük.

Az első trónknél 10 millió minta jutott a névleges tartományba, és csak 2800 az üzemkiesési tartományba.

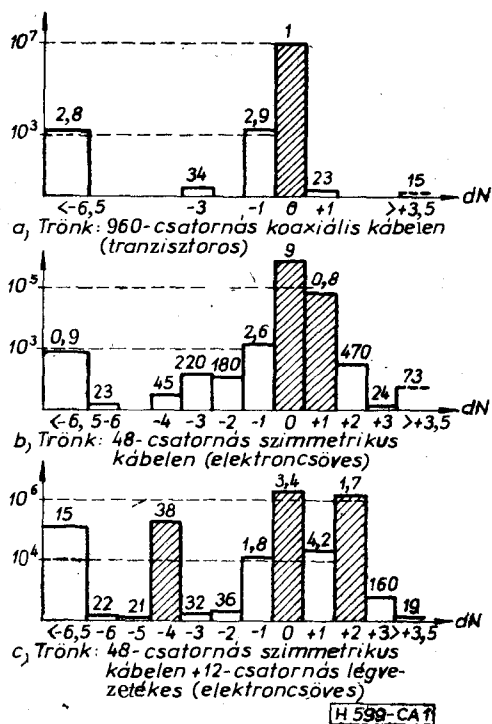
A második trónknél a minták többsége a névleges és $+1$ dN-es tartományba esett, de az üzemképtelen állapot mintáinak aránya nagyobb.

A harmadik trónknél három eloszlás szuperpozícióját látjuk és az üzemképtelen állapot gyakorisága a legnagyobb.

Néhány áramkör eloszlásának statisztikus jellemzői

Az 1. ábra eloszlásai alapján ezeknek a trónköknek meghatároztam a statisztikus jellemzőit, és az 1. táblázatban tüntettem fel a trónkök fő adataival együtt. Ha az eloszlásokat és normál szórásokat összehasonlítjuk, akkor érthető, miért ajánl a normál szórásra a CCITT 1 dB-es maximumot.

Az 1. táblázatból megismertük a helyközi trónkök átlagos és szélsőséges minőségi jellemzőit. Látni akarunk azonban, hogy hogyan változnak ezek a jellemzők két különböző időpontban végzett megfigyelések esetén, ill. mi a különbség azonos csoport vagy főcso-



1. ábra. Különböző trónkok szinteltérésének eloszlása

port áramkörei között. A mérési eredményeket a 2. táblázat tartalmazza (statisztikus jellemzőket).

Látható a táblázatból, hogy a kábeles összeköttetés jellemzői ismételt mérésnél nem változnak jelentősen. A légvezeték rendszer jellemzői lényegesen változnak ugyan az idővel, de mindkét esetben lényegesen rosszabb a CCITT által ajánlott értéknél.

Látszik a táblázatból, hogy a használhatóság főként a rendszertől függ, de a normál szórás a csatornamodemtől is függ.

Megszakadás okozta zavarok mérése

Két kHz-es mérőjelet vittünk át a csatornán a megszakadások felismerésére. A T_s ellenőrzési idő alatt mértük a megszakadások darabszámát, és M_T -t számítottam ebből.

Mérések megszakadásslámlálással

Ennél a mérésorozatnál a rövid idejű megszakadásokat 20 ms-os időközökkel mértük. A számított M_{20ms} jelenti az átlagos hiba ismétlődésidőt.

A számított M_{20ms} érték megbízhatósága azért fontos, mivel ennek meghatározását a lehetőség szerint rövid idő alatt (10 nap) akarjuk elvégezni. Ennek a 95%-os megbízhatóságtartománya a számlált megszakadások darabszámától függ. Ha 240 óra alatt 20 megszakadást számláltunk, akkor $M_{20ms} = 240:20 = 12$ óra.

A 20 db-hoz tartozó megbízhatósági határok: 0,76 és 1,46 M . Ez annyit jelent, hogy a megszakadások tényleges ismétlődésidője 95%-os valószínűséggel 9,1 és 17,5 óra közé fog esni. Ha a számlált darabszám lényegesen kisebb, akkor még ritkábban fordul elő megszakadás, de az adat megbízhatósága kisebb. Tehát ez esetben M megbízhatósága nem játszik lényeges szerepet.

A megszakadásmérések eredményét a 3. táblázat tartalmazza. Az x -szel jelölt méréseket egy csoport két csatornáján egyidejűleg végeztük el.

Ezek a mérések mutattak rá az alapcsoportok ellenőrzésének szükségességére.

Mérések megszakadásosztályozóval

A megszakadásosztályozónak azért van több időközöbe, hogy tájékoztatást adjon a megszakadás következményeiről vagy okairól, melyek között az alábbi összefüggések vannak:

$$-t_i \quad \text{időközöbök és a megszakadás különböző szolgáltatásokra való}$$

1. táblázat

A megfigyelt trónkok adatai és az eloszlások statisztikus jellemzői

A trónk jele	a	b	c
Hossza, km	124	200	270
Vezetéktípus	kiskoax.	szimm. k.	szimm. k. + légvez.
Csatornaszám	960	48	48 + 12
Aktív alkatrész	tranzisztor	elektroncső	elektroncső
t_s , óra	331	691	216
Mintavételi idő, mp	0,1	10	0,1
S , dB	0,1	0,7	1,5
D , dB	-0,2	0,2	0,5
A , ‰	999,7	999,1	972,4

2. táblázat

A trónk jele	Hossza km	Átviteli út	Csatornaszám	S dB	D dB	A ‰
B1202/1	124	kiskoax. kábel	960	0,1	0,0	999,8
/1	124	kiskoax. kábel	960	0,12	-0,2	999,7
B1202/5	124	kiskoax. kábel	960	0,7	-0,2	999,99
B1209/8	124	kiskoax. kábel	960	1,0	0,3	999,9
W1203/10	124 + 65	kiskoax. + mikro	960	0,2	0,01	999,9
Z1203/11	120 + 70 + 60	szimm. + légvez.	48 + 60 + 12	1,7	0,2	938
/II	120 + 70 + 60	szimm. + légvez.	48 + 60 + 12	2,4	2,2	994,5

A 20 ms-nál hosszabb megszakadások száma ($n_{20\text{ms}}$) és a megszakadások átlagos ismétlődésideje ($M_{20\text{ms}}$) t_i ellenőrzés alatt

A trónk jele	Hossza km	Átviteli út	Csatorna-szám	Aktív elem	$n_{20\text{ms}}$ db	$M_{20\text{ms}}$ óra	t_i óra
B1202/1	124	kiskoax. kábel	960	tranzisz.	7	41	288
/5	124	klskoax. kábel	960	tranzisz.	12	14	168
E1207/1	65	szimm. kábel	48	el. cső	8	35	280
/12	65	szimm. kábel	48	el. cső	4	70	280*
K1208/1		szimm. kábel	48	el. cső	50	9,4	473
/12	200	szimm. kábel	48	el. cső	364	1,3	473*
K1207/3	200	szimm kábel	48	el. cső	39	5,4	210
/12	200	szimm. kábel	48	el. cső	10	21	210*
Z1203/1	190	szimm. kábel	48+60				
/11	60	légvezeték	12	el. cső	154	2,3	354
/11	60	légvezeték	12	el. cső	197	1,8	354*

következményei közötti összefüggés, ha a megszakadás hosszabb, mint t_i ;

- $t_i M_i$ következmény vagy ok;
- 3 ms M_a bithiba az adatátvitelben;
- 30 ms M_t karakterhiba táviróátvitelben, téves hívás, tárcsázás esetén;
- 100 ms M_d a beszéd dadogásszerű zavarása távbeszélő üzemenél;
- 300 ms M_k a központok elbontanak;
- 1 mp M_e emberi tevékenység vagy berendezés hiba;
- 1 perc M_d durva hiba az ok.

Ha egy megszakadás pl. 60 ms hosszú, akkor annak következménye lehet hiba az adatátvitelben, a táviró átvitelben, a hívott szám átvitelekor téves hívás.

A mérési eredményeket a fentiek szerint kiértékelve a 4. táblázat tartalmazza.

Nemzetközi áramkörök statisztikus jellemzői

Részt veszünk a CCITT IV/2 tanulmányi bizottsága által szervezett 10. megszakadásmérési sorozatban. Ennek során megszakadásosztályozóval mértük a csatorna megszakadásait, +0,3 N-nél nagyobb mértékű szintcsökkenés időtartamát, valamint a csoport és főcsoportpilot riasztás időtartamát. A mérési eredményeket átszámítva a következő statisztikus jellemzőket kapjuk:

Az áramkör Róma—Bp. 1204/4 Párizs—Bp. 1203/11

	Róma—Bp. 1204/4	Párizs—Bp. 1203/11
A mérés időtartama: óra	672	238
Zavartatás:		
adatátvitel	0,07 óra	7,9 óra
táviró	2,2	14
dadogás	5,1	34
központ	7,5	47
munka	12	47
durva	74	238
A normál szórás, S dB	1	0,83
Középérték eltér, D dB	-0,26	1,14
Csoport használható	990,5	999,89
Főcsoport használható	995,3	999,7

Csoportok, főcsoportok és rendszerek ellenőrzött HASZNÁLHATÓSÁGA

Az alapszoportok automatikus erősítésszabályozójának megszakadási riasztó érintkezőjét, a csoportpilotzárát csatlakoztattuk a mintaszámláló bemene-tére. Ez mérte a csoportok megszakadásának időtar-tamát és az ellenőrzési időt. Ezek az adatok alkal-

Néhány trónk megszakadásainak átlagos ismétlődésideje a különböző szolgáltatások szempontjából

Zavartatás	Durva	Munka	Központ	Dadog	Táviró	Adat
	óra					
B1179 hangfr. csöves er.	230	230	230	230	76	12
S1201/8 szimm. k48. csat. er.	144	9,6	9	7,2	4,3	1
P1209/6 mikro 900 csatornás	144	29	20	18	9,6	4,6
B1203/6 koax. 960 csatornás	144	144	144	144	72	48
D1207/11 koax. 960 csatornás	232	232	232	232	58	15
D1207/11* mikro	254	21	16	9,8	0,48	0,17
T1212/12 új koax. állomás	239	48	16	8,6	2,3	0,5

Megjegyzés: a*-jeld mérésnél a csatorna, csoport és főcsoport-modulátor ugyanaz volt, mint az előzőnél, de mikrohullámú összekötte-tésre volt áttérhelve.

A magyar helyközi hálózat vivős rendszereinek ellenőrzött használhatósága az alapesoportok egyéves ellenőrzése alapján

Üzem év	Csatorna	Átvitel	Aktív elem	Vonal	A %	Hossz km
4	960	kiskoax. k. tranz.		A—B—C	999,87	124
3	960	kiskoax. k. tranz.		D—E	999,97	180
3	960	kiskoax. k. tranz.		D—F	998,4	120
10	60	szimm. k. el. cső			999,9	180
22	48	szimm. k. el. cső		G—H	999,5	70
22	48	szimm. k. el. cső		G—H—J	999,9	180
1		mikrohullámú összeköttetés			999,8	220
15		mikrohullámú összeköttetés			999,3	260
22		mikro+szimm. kábel (60-csat.)			982	180
4	960+12	koax.+szimm. kábel		A—B—C—P—S	999,9	230
22	960+48	koax.+szimm. kábel		A—B—C—P—T	999,6	210

masak mind a kiesési időarány (X), mind a használhatóság (A) számítására egyszerű módon. 90 alapesoportot ellenőriztünk egy éven át 10 mp-enkénti mintavétellel. Az ellenőrzött csoportokat a teljes magyar helyközi hálózatból válogattuk, és ezek képviselték a koaxiális, ill. szimmetrikus kábelben, valamint mikrohullámú összeköttetéseken élő különböző vivős rendszereket. A csoportok kiesési időarányából különböző jellemzőket tudtam meghatározni annak érdekében, hogy több információt kapjak a hálózatról és a rendszerekről.

A hálózat 90 csoportjának évi átlagos használhatósága 997 ezrelék. A hálózat belföldi és vezetékes csoportjainak (63 db) évi átlagos használhatósága 998,6 ezrelék.

A kiesési időarány átlagos értéke a 90 csoportra vonatkozóan hét ízben leolvastva (1—3 havonta):

leolvastás	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
X ezrelék	3,4	1,3	3,96	3,36	2,39	2,67	2,59

Az átlagos kiesési időarány 23 óra/csoport évente. Ugyanez a belföldi vezetékes csoportokra 11,7 óra/csoport. Ez utóbbi két adathoz meg kell jegyezni, hogy nemcsak a berendezéshibákat, de a fenntartói és egyéb munka hatását és a kábelhibákat is tartalmazza.

Ha a használhatóság értékeket rendszerenként csoportosítjuk és figyelembe vesszük, hogy a legjobb csoport használhatóságok képviselik a rendszer meg-

bízhatóságát, akkor egy másik fontos jellemzőt kapunk a vivős rendszer ellenőrzött használhatóságát.

Hibabehatárolást végeztünk a D—F szakaszon, és ezután a használhatóság: 999,97.

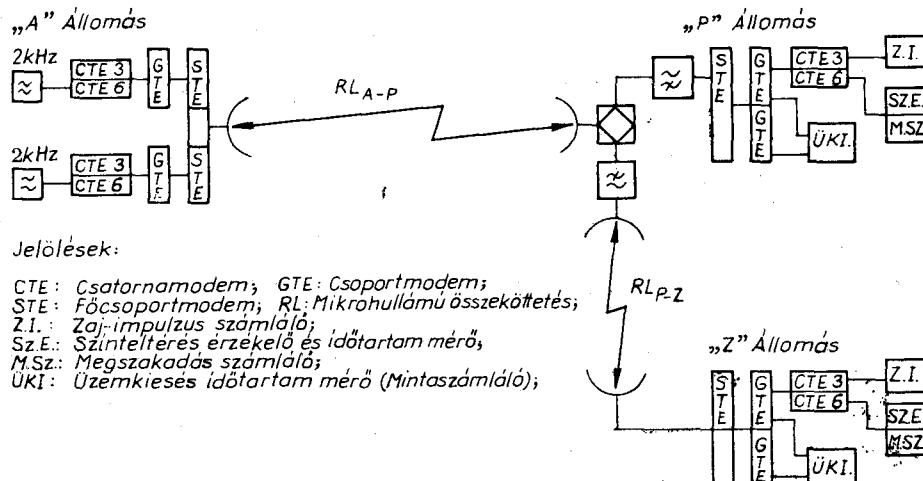
A táblázatból látható (5. táblázat), hogy a kábeles rendszerek használhatósága 999,5-nél jobb, az új mikro minősége nem rosszabb, és a mikrohullámú összeköttetések használhatósága az évek számával rohamosan romlik.

Egy működő rendszer ellenőrzése 1976-ban

Egy 480 csatornás rendszert ellenőriztünk mintaszámlálóval az év folyamán. A mintaszámláló bemenetei a következő riasztó érintkezőkhöz voltak csatlakoztatva:

- áramellátás, biztosítékhiba,
- a távtáplálás túlfeszültség, túláram és megszakadás riasztása,
- főoszillátorok és átváltóegységek riasztása,
- vonalpilótok megszakadása adásirányban,
- vonalpilótok szinteltérése a vonalszabályozók kimenetén,
- főcsoportok pilótszinteltérése a főcsoportszabályozó kimenetén,
- nagy főcsoportpilót szinteltérés a kimeneten.

A mérési eredményből a következő oldalon levő jellemzőket tudtam meghatározni:



2. ábra. Bonyolult mikrohullámú összeköttetés statisztikus ellenőrzése

H 599-CA2

az ellenőrzött adat	szélső érték	évi átlaga
a végállomás egységeinek használhatósága min.	999‰	999,4‰
főcsoport-összeköt. használhatósága	993‰	998‰
a főcsoport-összeköt. normál szórása	0,35 dB	0,2 dB

Hibabehatárolás statisztikus ellenőrzéssel

Egyik főcsoportunk gyakran okozott riasztást, ezért hibabehatárolást végeztünk rajta. Az összeköttetés 60%-át olyan mikrohullámú összeköttetés képezte, amely 3 évvel előbb 999,8 ezrelék használhatóságú volt (A—P). A 2. ábra szerint az A—P és

A—P—Z szakaszra műszereket tettünk. A 6. táblázatba foglalt statisztikus adatokat kaptuk 145 óras ellenőrzés után és a hiba elhárítás végeztével.

Következtetések

Az ismertetett statisztikus jellemző készlet alkalmas áramkörök és áramkörnyalábok minőségének jellemzésére. Ezeket az adatokat alkalmas mérőberendezésekkel hosszú ideig automatikusan tudjuk mérni emberi közreműködés nélkül (csak csatlakoztatni kell). Ezek a jellemzők lehetővé teszik a megfelelő időpontnak és helynek a meghatározását, amikor és ahol a fenntartó személyzetnek meg kell kezdeni a hibabehatárolást és -elhárítást.

Nagyon fontos, hogy ez a módszer akkor mutatja ki a hibát, amikor a hibás egység még nem okozhat jelentős üzemkiesési időt, csak rosszabbat, mint normális esetben.

Ezek a lehetőségek azonban nem állnak az egész fenntartó személyzet rendelkezésére. Ez év végén azonban 10 db mintaszámláló készletünk lesz. A 120 csoporthoz alkalmazható mintaszámláló mennyiség alkalmazása után az áramkörnyalábokra új fenntartási előírást kell csinálnunk ahhoz, hogy az új módszer előnyeit megkapjuk.

6. táblázat

Az ellenőrzött szakasz		A—P	A—P—Z	A—P—Z elhárítás után
„A” főcsoportokra	‰	999,99	935	999,9
M_{20ms}	óra	21	0,08	6,6
S	dB	0,5	1,8	0,4
D	dB	0,2	0,1	0,0
F_n	db/óra	0,4	69	2