

Funkcionális tesztek a PRT berendezésben

DR. KÓCZY T. LÁSZLÓ

BME Híradástechnikai Elektronikai Intézet

TASNÁDI LÁSZLÓ

Távközlési Kutató Intézet

GUNYHÓ GÁBOR

Távközlési Kutató Intézet — BME/HEI

GYŰRÓS TIBOR

Rolitron

ÖSSZEFOGLALÁS

A kapcsolóközpontok egyik legfontosabb követelménye a megbízhatóság. Ennek biztosítására a modern digitális tárolt programvezérlésű központokban többféle módszer alkalmazható. A Távközlési Kutató Intézetben a BME—HEI-vel közösen fejlesztett kis-közepes méretű PRS kapcsolóberendezésre jellemző a vezérlő elemek (processzor egységek) duplikálása. Az általunk készített tesztprogramok a PRS egy részegységén, a PRT berendezésen futnak, bekapcsoláskor átvizsgálják a teljes rendszert a hierarchikus multiprocesszoros struktúrának megfelelően, az esetleges észlelt hibákat lokalizálják, dokumentálják, kijelzik. Elindítják az operációs rendszert (ha lehetséges) és az adatokat, amelyek a teljes PRT státuszinformációt hordozzák, továbbítják a központi vezérlő (PRC) felé. A tesztprogramok rutinjai alkalmasak az üzemközbeni (operációs rendszer alatti) futásra is, így a megfelelő szegmentálás és ütemezés után — lehetővé válik a működés közbeni folyamatos ellenőrzés is.

1. Bevezetés

A kapcsolóközpontokkal szemben támasztott egyik legfontosabb követelmény a megbízhatóság. A korszerű berendezéseket digitális (PCM alapú) átvitel, ehhez illeszkedő digitális kapcsolás és elosztott, számítógépes (tárolt programú) vezérlés jellemzi. A megbízhatósági követelmények kielégítésére általában tartalékolási rendszert (hardver redundancia) alkalmaznak, amely szoftver (algoritmikus) problémákat is felvet [1]. A fenti szempontokat szem előtt tartva folyt a Távközlési Kutató Intézetben — a BME HEI-vel közösen — a PRS (PCM Remote Switching) 1000—4000 vonal kapacitású tpv kapcsolórendszer fejlesztése (v. ö. pl. [2]). A fejlesztés nem kis hardver és szoftver feladatok megoldását igényelte, ezek között igen fontos terület a karbantartó szoftver. (E témára ld. pl. [3]). Ennek feladata kettős: bekapcsoláskor szükség van egy átfogó vizsgálatra, amely a teljes berendezést teszteli, mielőtt a működés elindulna, valamint szükség van a berendezés üzem közbeni folyamatos vizsgálatára, s ennek alapján — hiba esetén — a karbantartó rendszer kezdeményezi a tartalék erőforrások igénybevételét. Ezen feladatok szoftver problémáit oldottuk meg a PRS egy részegységén, a PRT berendezésen. A továbbiak megértéséhez tekintsük át röviden a PRS felépítését (1. ábra). A berendezés 3 fő részből áll — PRT (PCM Remote Terminal), melynek feladata az előfizetői vonalak fogadása, a jelek feldolgozása és továbbítása a PRC felé, PCM jelfolyamat formájában (erről az egységről még kissé bővebben szólunk)



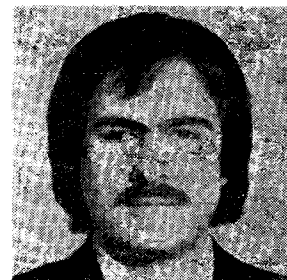
DB. KÓCZY T.
LÁSZLÓ

1975-ben szerzett a Budapesti Műszaki Egyetemen a Villamosmérnöki Kar műszer- és irányítástechnika szakán oklevelet, ugyanitt 1976-ban kutató és fejlesztő irányít. szakmérnöki oklevelet. 1977-ben a fuzzy matematikai módszerek és alkalmazásuk témakörében a BME-n kapott egyetemi doktori fokozatot. 1976-tól a BME Híradástechnikai Elektronikai Intézet tud. segédmunkatársa, majd tanársegéde, 1983-tól adjunktusa. Közben 1982/83-ban egy tanévet töltött a BHG Fej-

lesztési Intézetében ipari tapasztalatszerzésen. Részt vett több a BHG-val, ill. a TKI-val közös fejlesztési munkában. Számos publikációja jelent meg fuzzy matematika, útkeresési eljárások és tpv vezérlési kérdések témakörben. A Mathematical Reviews recenzense, tagja az Amerikai és a Lengyel Matematikai Társulatnak, a HTE IB vezetőegységének és több MTE SZ egyesületnek, továbbá a Karközi Alkalmazott Matematikai Munkaközösség Szervező Bizottságának, ill. a KAMM Füzetek és a KAMM Bulletin szerkesztőségének tagja.

TASNÁDI LÁSZLÓ

1974-ben szerzett oklevelet a BME Villamosmérnöki Karának híradástechnika szakán. Munkáját a Távközlési Kutató Intézetben kezdte, ahol 1980-ig nagysebességű digitális átviteltechnikai berendezések tervezésével foglalkozott. 1980-ban ösztöndíjként Japánban a Tokyó egyetemen folytatott tanulmányokat. Jelenleg a TKI tudományos osztályvezetőjeként a PRS rendszer



előfizetői végberendezésének és kapcsolómező berendezésének fejlesztésével foglalkozik.

- PRC központi vezérlő és kapcsolóegység, amely a digitális kapcsolást (PCM időrés kicserélés) és ennek vezérlését (és az egész berendezését is) végzi
- PRA egység, amely illesztési feladatokat lát el a PRC trónkvonali oldala és a magasabbrendű (AR) központ között, valamint támogatja a távmérési és karbantartási funkciókat is.

A PRS az igényektől függő többféle konfigurációban lesz kiépíthető.

Tekintsük át most a PRT felépítését kissé részletesebben (2. ábra). A PRT-ben kétfajta fő egység van: a TC vezérlő betét és a TG csatorna betét. Ez utóbbiban találjuk az előfizetői vonalvégzodéseket és a BORSCHT funkciókat (táplálás, túlfeszültségvédelem, 2/4 huzalos átalakítás stb.) ellátó áramköröket, valamint egy, a jel-továbbító és időzítő feladatokat végző csoportvezérlőt (GC). A TC vezérlőt belső busz köti össze a TG betétekkel. A TC-ben minden egység duplikálva van, itt található a processzorral rendelkező (intelligens) elemek:

- az MRS (a PIC közvetítésével) a primer PCM jelfolyamok adására, vételére és átalakítására,
- a T85 processzor kártya, a vezérlés központja,
- a CNC egység, a T85 intelligens perifériája, előfeldolgozási (vonalvégződés letapogatása a CBT busz adó-vevőn keresztül, számtárcsaimpulzus kezelés, PCM időzés hozzárendelés stb.) funkciókkal.

A processzoros kártyákon tulajdonképpen I8085 (T85 és CNC) illetve I8748 (MRS) típusú mikroszámítógép konfigurációk (mikroprocesszor, órajeladó, memóriatokok, — RAM és ROM —, megszakításvezérlő, időzítők, perifériaillesztők, adó-vevő áramkörök) találhatóak.

2. A tesztek

A vizsgálatnál alkalmazott alapelv az intelligens egységeknél a hierarchikusan alárendelt szintek fastruktúrájú tesztelése, melyet párhuzamos, koncentrikusan táguló egymásra épülő tesztek alkalmazásával valósítottuk meg. A fenti elv rekurzív definíciót takar, amely implicite magyarázza a magasabb hierarchikus szinten levő egységek felé való viselkedést is. Az elv absztrakt alkalmazását

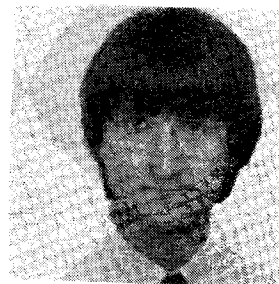
1982-től a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karának műszer- és irányítás-technikai szakos, majd az első félév után a híradás-technikai szak (intenzív) rendszertechnika ágazatának hallgatója volt, így a villamosmérnöki oklevelet 1986-ban szerezte meg. Egyetemi tanulmányai alatt a Távközlési Kutató Intézetben a PRS berendezés fejlesztési munkáiban vett részt TDK munka formájában, az e munka alapján — szerzőtársával — készített



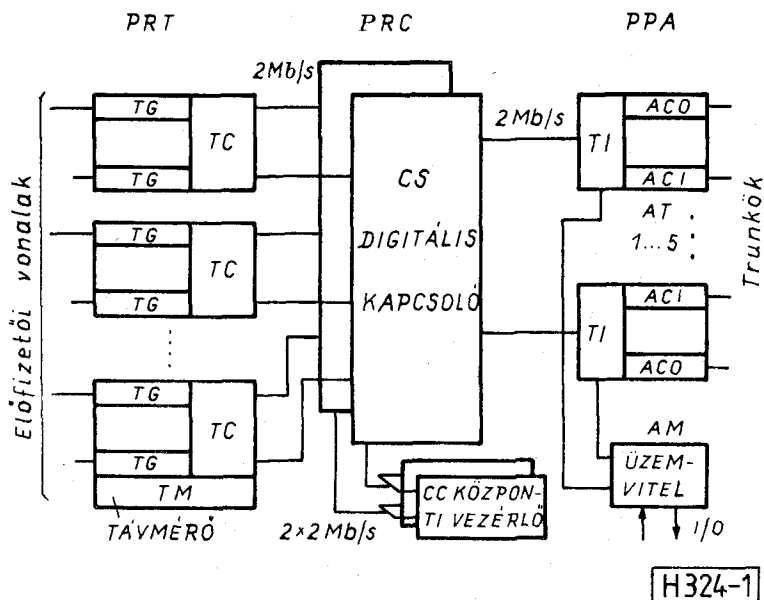
TDK dolgozattal 1986-ban I. díjat nyert. 1986 szeptember 1-től a Rolitron Műszaki Fejlesztő Kiszervezetben dolgozik, mint fejlesztőmérnök.

GUNYHÓ GÁBOR

1986-ban szerzett diplomát a Budapesti Műszaki Egyetem Villamosmérnöki Karán, híradás-technika szakon, (intenzív) rendszertechnika ágazaton. 1983-ban — még hallgatóként — kapcsolódott be a Távközlési Kutató Intézetben a BME HEI-vel közösen fejlesztett PRS digitális telefonközpont szoftverrendszerének munkálataiba. A témából — szerzőtársával — TDK dolgozatot írt, amellyel 1986-ban I.



díjat nyert. Jelenleg a TKI fejlesztőmérnökként nappali szakmérnöképzésben vesz részt.



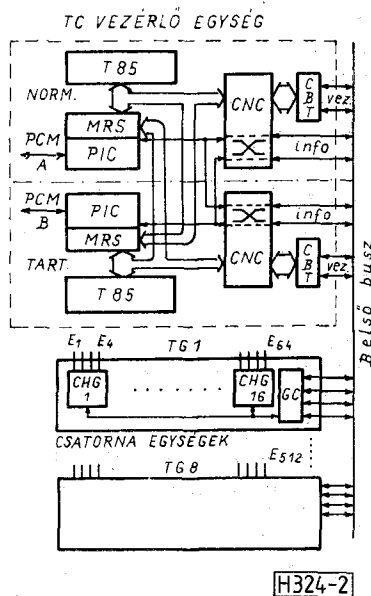
1. ábra. A PRS rendszer felépítése

illusztrálja a 3. ábra. A viszonyítási alap az „1” első index-szel jelzett egység. Itt a saját felépítésből következően az önteszt több szinten zajlik: 1,1 1,2...1, n. Az 1, i jelű teszt végrehajtásának feltétele az 1, i-1 jelű teszt sikeres befejezése (tehát minden $k < i$ indexű teszt elvégzése is). Az „1” jelű elem öntesztjével párhuzamosan folynak a „2” jelű — eggyel alacsonyabb szinten levő — elemek saját öntesztjei (melyek szintén processzor elemek), 2, m_1 ; ...; 2, m_r -ig. A tesztek végzése dataflow elven történik. Ezen tesztsorozatok befejezése után kezdődik az 1, n+1 jelű tesztcsoport, amely magában foglalja a „2” jelű intelligens elemek teljes tesztjét „1” szemszögéből

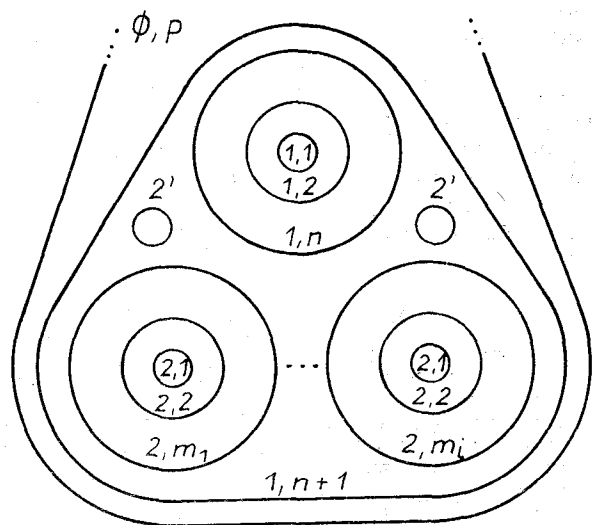
(tehát a kommunikációs út kipróbálását és a „2” elemek öntesztjei eredményeinek vételét és kiértékelését). Ide tartozik még a „2” szintnek megfelelő nem intelligens elemek (jelük „2”) vizsgálata „1” felől. Az 1, n+1 szintű tesztek elvégzése az „1” szint szempontjából az aktív tesztelés befejezését is jelenti, az „1” szint és az alárendelt egységek állapotáról teljes információnk van. Ezután kerülhet sor a magasabb szint felőli kezdeményezésre („0” szint), ahonnan a teljes „1” szint egyetlen koncentrikus tesztszintbe (0, p) illeszkedik, az esetleges egyéb „1” szintű egységek vizsgálatával együtt.

Az ismertettet általános elv alkalmazása a PRT-n belül a következőképpen történik:

„1” szintnek tekinthető a két T85 processzor-egység (két független tesztelési fában gondolkodva) A „2” szint a saját CNC egység, illetve mindkét MRS egység (mindkét T85 szempontjából mindkettő; a kialakítás olyan, hogy a T85 csak a saját CNC-t, de mindkét MRS-t elérheti, ld. 2. ábra). A „2” szintet a T85 alá rendelt nem intelligens (perifériális) elemek képezik, hasonlóan a „3” szint a CMC illetve MRS perifériaegységeit jelenti. A társ T85 CNC egységét „3” szintnek tekintjük, ugyanígy az MRS-ek alá rendelt elemeket. „4” jelést kap a társ CMC alatti perifériarendszer, stb. A PRC központi vezérlője, a CC egység (1. ábra) ebben az esetben a 0 szintet képviseli. A fenti rendszert a 4. a. ábrán tekinthetjük át, a 4. b. ábrán pedig az illesztett teszt hierarchia fára transzformált képe látható. Mindkét ábrán a vastag vonallal rajzolt gráfcúcs jelöli a viszonyítási alapot (aktív T85). Az említett tesztelési hierarchia azonban mindkét T85 szempontjából létrejön, a tesztek végén kialakult master-slave szerepkiosztás fogja eldönteni, hogy a PRC felőli kezdeményezésre melyik T85 válaszol, azaz melyik képviseli az „1” szintet. Megjegyezzük, hogy átkapcsolás esetén a tesztelési szintek szerepe értelemszerűen cserélődik — a 4. b. ábrán látható gráf „1” jelű csúcsa átkerül a 4. b. ábrán látható



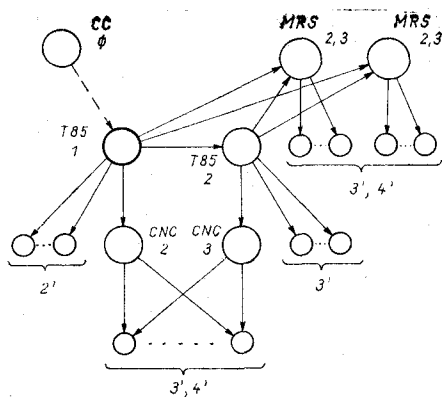
2. ábra. Az előfizetői végberendezés felépítése



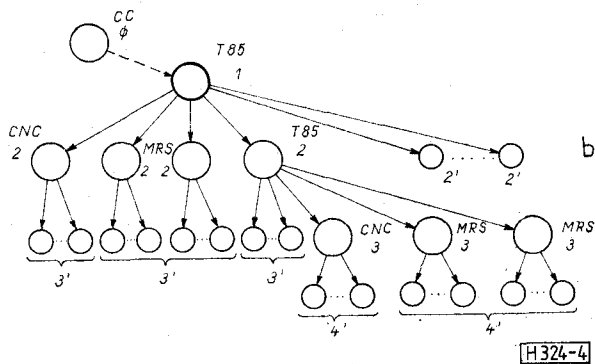
3. ábra. Koncentrikus tesztstruktúrák

1. táblázat
Tesztfunkciók kiosztása

- 0. szint: a teljes PRT állapot adathalmaza és a PRT—
—PRC master kommunikációs út vizsgálata
- 1. szint: 1,1: T85 CPU teszt
1,2: T85 memória (RAM és ROM) teszt
1,3: T85 megszakítás vezérlő és időzítők
tesztjei
1,4: CNC, MRS kommunikációs teszt és
státuszadatok vétele
1,5: 2' szint tesztje (portok beolvasása)
1,6: Társ T85 kommunikációs teszt, státusz-
adat csere
- 2. szint: a. 2,1 CNC CPU teszt
2,2 CNC memória (RAM és ROM) teszt
2,i kapcsolástechnikai terminális áramkörök
tesztjei
b. 2,1 MRS CPU teszt
c. társ T85 tesztje (mint 1,1, 1,2...)
- 3. szint: mint a 2. a, és 2. b, (társ CNC illetve MRS)
stb.



a)



b)

4.a. ábra. A hierarchikus tesztek gráfja

4.b. ábra. Transzformált tesztráf

gráf „T85 2” jelzésű pontjába és ez maga után vonja a gráf átrendeződését. Az ekvivalens tesztelési fa alkalmazásának lehetőségét az eredeti rendszertopológia szimmetriája okozza. Az egyes szinteken belüli funkciókiosztást az 1. táblázat tartalmazza.

3. A tesztprogramok

A karbantartó folyamatok a rendszerben kétféle környezetben működhetnek: bekapcsolás után az operációs rendszertől függetlenül, illetve operációs rendszer alatt. Ezek ismertetését a fent leírtak szerinti sorrendben közöljük, azonban megjegyezzük, hogy a tényleges programok kerettől független, szubrutin formájúak, így alkalmasak operációs rendszertől független és az alatti futásra is (bár az utóbbi esetben egyes folyamatokat a futási idő csökkentése végett szegmentáltunk).

A program a CPU tesztjével kezdődik, melynek során sorban egymásra épülve kipróbáljuk a CPU utasításait (ehhez azonban szükség van egy néhány byte-os memóriaterületre, melyet előzőleg letesztelünk.) Ezt követi a memóriák tesztje. A RAM-ok esetében beírás utáni kiolvasással ellenőrizzük a helyes működést, figyelve a fizikailag közeli, vagy azonos címen de más lapon lévő memóriaterületek adatait (a rendszer maximális memóriakiépítésben lapozási technikával 104 kbyte lehet). Ezután megvizsgáljuk a lapozhatóságot külön is. A ROM chipek tesztjét CRC ellenőrzéssel végezzük, minden tok kötelezően tartalmazza ugyanis a benne lévő információ CRC kontrollját. A következő lépésben a controller

áramkörök (megszakításvezérlő, időzítők) tesztjei következnek: felprogramozás és a regiszterek visszaolvasása után vizsgáljuk a megfelelő jelet („időzítés lejárt”, szoftver úton generált megszakítás beérkezése”), és ezek alapján állapítjuk meg a működés helyes vagy helytelen voltát. Ha az eddigiekben hibát detektálunk, az egység HALT állapotba kerül, mivel a további ellenőrzésnek az adott egységben nincs értelme.

Ezután az alárendelt egységek (CNC, MRS) kommunikációs tesztjei és a státuszadataik vétele és kiértékelése következik, majd a nem intelligens egységek tesztjei, amely az állapotjelző hardver elemek információinak a megfelelő perifériacímeken keresztül történő beolvasása ill. ennek kiértékelése útján zajlik. Ennek befejezése után a két T85 egységen eddig függetlenül futó program szinkronba kerül és megkezdődik az adatcsere és kiértékelés, melynek eredménye a vezérlő rendszeren belüli elsődleges aktív-tartalék kiválasztás. (A további tesztek vezérlését ugyanis csak a mindenkori aktív T85 végezheti.) Az utolsó lépés a kapcsolástechnikai hardver (TG betétek) elérhetőségi vizsgálata, mely aktív-tartalék átkapcsolás után a másik oldalról is elvégződik (természetesen csak ha ez lehetséges, azaz korábban nem detektáltunk súlyosabb hibát). Újabb adatcsere után a végleges aktív-tartalék kiválasztás következik, majd elindul az operációs rendszer, ekkor a központi vezérlő (CC) rendelkezésére áll a teljes PRT státuszinformáció.

A meglévő konkurens feladatokat támogató operációs rendszer szerkezetébe könnyen beilleszthetők a karbantartó folyamatok. Ez — megfelelő inicializálás és generálás után — biztosítja, hogy a tesztprogramok rutinjai megfelelő időzítéssel rövid szegmensekre tagoltan sorban lefussanak, a működés zavarása nélkül (v. ö. [4]), mely által lehetővé válik az üzem közbeni ellenőrzés, hibafelfedés és kijelzés, valamint a szükséges lépések (átkapcsolás, dokumentálás) megtétele.

Az itt összefoglalt problémák részletesebb leírása megtalálható az [5—11] irodalmakban, melyek közül a jelen tanulmány lényegében a [11] kivonatának tekinthető. A felhasznált nemzetközi eredményekre illetve előírásokra nézve ld. elsősorban a [12—18] forrásokat.

A fentiekben röviden ismertetett karbantartó szoftver a PRS rendszeren teljes egészében fut és a legkülönbözőbb generált hibaszituációkban a hibadetektálást helyesen elvégzi.

Irodalomjegyzék

- [1] Digitális távközlő hálózatok. (Főszerkesztő dr. Molnár Pál) KÖZDOK, Bp., 1981. pp. 10—32. ill. 193—206.
- [2] PRS/FR rendszerleírás. TKI tanulmány Bp., 1983.
- [3] Kóczy T. László: Szoftver a kapcsolástechnikában. Magyar Posta Központja, Bp. 1983. pp. 71—85. ill. 156—165.
- [4] Kóczy T. László: Tárolt programvezérlésű telefonközpontok operációs rendszere. Híradástechnika, XXXVI. (1985), 9. pp. 394—405.
- [5] Hibadetektálás és tartalékolási módszerek kidolgozása a PRC berendezésen, TKI tanulmány Bp., 1982.

- [6] PRT előfizetői végberendezés műszaki terve TKI tanulmány Bp., 1982.
- [7] Elektronikus kapcsolóközpont vezérlési és hibafelismerési rendszere, BME—HEI tanulmány Bp., 1983.
- [8] PRS tárolt programvezérlésű telefonközpont szoftver rendszerterve. TKI—BME—HEI tanulmány Bp., 1986.
- [9] A PRS 8/4 maintenance rendszer BME HEI tanulmány Bp. 1985.
- [10] *Cs. Csapodi, L. T. Kóczy, P. Seres*: On the fault tolerant design of a remote PCM switching system Proc. of the Third Symposium on Microcomputer & Microprocessor Application, Bp. 1983. Vol. II. pp. 678—691.
- [11] *Gunyhó Gábor, Gyűrós Tibor*: Bekapcsolási tesztek a PRT berendezésben, TDK dolgozat, BME HEI Bp., 1986.
- [12] CCITT Z. 300-as sorozatú ajánlások. CCITT Yellow Book, Geneva 1981.
- [13] CCITT Q250—Q300 ajánlások. CCITT Orange Book, Geneva 1977.
- [14] CCITT E416 ajánlás. CCITT Orange Book, Geneva 1977.
- [15] *D. K. Melvin*: Microcomputer Application in Telephony, IEEE Proc. on Telecom. Vol. 66, No. 2. Febr. 1978.
- [16] *S. R. Treves*: Maintenance Strategies for PCM Circuit, IEEE Proc. on Telecom. Vol. 65, No. 9. Sept. 1979.
- [17] *A Söderberg, W. Widl*: Maintenance of Telephone Circuits in AXE 10 Networks. Ericsson Review, Vol. 62., 1985/1 pp. 16—22.
- [18] *L. Söderberg*: Operation and Maintenance of Telephone Networks with AXE 10. Ericsson Review, Vol. 56. 1979/3 pp. 104—115.
-