

## Rendszerváltozás gazdasági feltételei a távbeszélő-hálózatokban

ETO 621.395.34:621.395.74

A távbeszélő-hálózatok automatizálásának kezdetén kialakultak a kapcsolástechnikai, átviteltechnikai berendezések alaptípusai. Ezek az alaptípusok elveikben 30–40 évig változatlanok maradtak, és a hálózat bővítésére, a mennyiségi igények fedezésére ugyanazokat a műszaki paramétereket teljesítő berendezések voltak használhatók. Kapcsolástechnikában az emelő-választó, vagy rotary típusú gépek felhasználásával készült központok 30–40 évig szinte egyedüli elemek voltak a hálózatokban. Az ezekhez kapcsolódó jelfogós vezérlés is csak lényegtelen minőségi módosulásokkal, de változatlan formában került beépítésre. Az átviteltechnikai berendezések is döntő többségükben 4kHz osztású frekvencia multiplex-rendszerek, amelyek a CCITT ajánlásokban rögzített csoportképzési fokozatokon keresztül állítják elő a vonalon átviendő frekvenciaspektrumot. Nem voltak jelentős változások a jelzésrendszerben sem. Ennek hatására az újonnan gyártott berendezések közvetlenül együtt tudtak működni a hálózatban már régebben beépítésre kerülő berendezésekkel. Hosszú ideig nem merült fel a hálózattervezés során az új és régi berendezések illesztési problémája.

A távbeszélő-hálózatok nagymértékű mennyiségi fejlődése, és az új elektronikus elemek megjelenése magával hozta új elveken működő kapcsolástechnikai és átviteltechnikai berendezések kifejlesztését.

A kapcsolástechnika fejlődésének első lépése a crossbar gépek megjelenése volt. Mechanikus és elektronikus vezérlésű crossbar központok jelentek meg. Az átviteltechnikában ebben az időben csak a csatornaszám növekedett, és a leágazási, valamint az átkapcsolási technika alakult ki.

A további mennyiségi fejlődés szükségessé tette, hogy az új átviteltechnikai, és kapcsolástechnikai berendezések helyszükséglete, áramfogyasztása csökkenjen, megbízhatósága pedig tovább növekedjék.

A világon átlagosan 7 előfizető/100 lakos a távbeszélőállomás-sűrűség, és így kb. 250–300 millió állomás van. Ez az érték évenként 6–10%-kal emelkedik, úgyhogy évenként 15–20 millió új távbeszélő végállomást, készüléket, kell bekapcsolni, a megfelelő központkapacitás, és az ehhez tartozó átviteli út biztosításával. Folyamatosan gondoskodni kell ezenkívül az elavult berendezések lecsereléséről is. Ez olyan mértékű berendezésgyártást jelent, hogy az új berendezések kialakításánál az egyszerű tömeggyártóságot is szem előtt kell tartani. Az itt felsorolt elvek és igények teljesítését lehetővé tette a félvezető technika fejlődése, és kialakultak az elektronikus vagy kvázielektronikus központok, és a tömeggyártás követelményeit kielégítő, időosztásos átviteltechnikai berendezések. Az új berendezésekhez csatlako-

zón új jelzésrendszert is kifejlesztettek. A piacok megszerzése szempontjából is döntő jelentőségű, hogy mely cégek tudnak hosszú távon perspektívát adni ajánlott rendszerükkel. A jelenleg ismert piaci tendenciák, valamint a postaigazgatások véleményének összesítése alapján arra a következtetésre lehet jutni, hogy a rendszerváltozás feltételei a hírközlő-hálózat szempontjából fejletlen földrészekben sokkal inkább biztosítottak, mint a már viszonylag nagy telefonsűrűséggel rendelkező Európában, vagy Észak-Amerikában. Ez azzal indokolható, hogy a már tömegesen alkalmazott rendszerekkel bíró országoknál új rendszer bevezetése jelentős többletbefektetést igényel, meg kell változtatni a hálózat kialakult struktúráját, a karbantartás hagyományos módszereit.

Ezek az új berendezések már nem képesek közvetlenül együttműködni a hálózatba hosszú éveken át beépítésre került régi rendszerekkel. Az új és régi berendezések közé illesztőegységeket kell elhelyezni. Az illesztőegységek beszerzése többletköltséget jelent. A különböző rendszerek fenntartása, javítása és tartalékolása szintén növeli a távközlőhálózat évi költségének a jelenértékét. A jelzésátvitel együttműködésének biztosítása különösen nehéz műszaki feladatot jelent.

Az előzőek alátámasztására a hazai rotary-crossbar-ECR központrendszerek együttműködtetési problémáit érdemes felhozni. Közismert, hogy a rotary rendszer olyan hiányosságai, mint pl. az áttárcsázhatóság, az alközponti beválasztás és a többszörös számlálás hiánya, akadályozza a crossbar-rendszerek szolgáltatásainak maximális kihasználását. Vannak központtípusok, ahol ezek a szolgáltatások már be sem vezethetők, míg más típusoknál jelentős anyagi és munkaerő-ráfordítással oldhatók csak meg. A több mint 40 éve alkalmazott rendszer szabta meg a számkiosztási és forgalomirányítási elképzeléseket is. A központok rendszerváltozásánál, tehát az új és korszerű berendezés alkalmazásánál, a felhasználó válaszut előtt áll. Vagy a régi, de nagytömegű kapcsolórendszerét módosítja, idomítja a műszaki lehetőségeken belül az újhoz, vagy nem használja ki csak töredékében az új rendszer előnyeit. Mindkét változat pénzbe kerül, mert az új, de rendszerint drágább berendezés kihasználásának korlátozása is veszteséget jelent. Kétségtelen azonban, hogy a bevezetés első periódusában — amikor az új berendezés kapacitása csak néhány %-a a réginek — az egységes szolgáltatás biztosítása jelentős többletköltséget jelent a postáknak, s így természetesnek és törvényszerűnek is tűnik a fenntartók fokozott tartózkodása, sőt sokszor kifejezett ellenállása az új rendszer bevezetésével szemben.

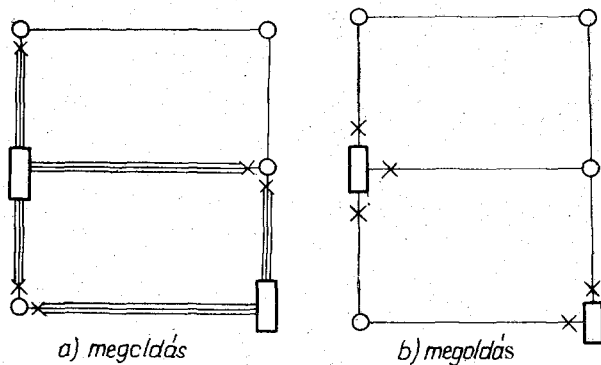
Az áttérés nehézségei miatt megfontolandó, hogy

egy, már jelentős értékeket tartalmazó, távbeszélő-hálózatban új technikával kialakított kapcsolástechnikai és átviteltechnikai berendezések bevezetése mikor és milyen ütemben hajtandó végre. Gazdasági megfontolások alapján megvizsgáljuk, hogy az új rendszerek bevezetésével járó vitathatatlan nagy előnyök milyen esetben kompenzálják az áttérésre fordított többletkiadásokat.

A rendszerváltozás gazdasági optimalizálásának áttekintéséhez a következő sorrendben végezzük el a számításokat:

Először kiszámítjuk, hogy a régi és új átviteltechnikai és kapcsolástechnikai berendezések együttműködéséhez szükséges illesztőtagokat a régi, vagy az új rendszerhez célszerű-e csatlakoztatni. A különbség az 1. ábrán látható. Bár első pillanatban közömbösnek látszik, hogy az illesztőtag az összekötő vezeték melyik végén helyezkedik el, a gyakorlatban ennek két okból van jelentősége:

- a) Az illesztőtag nem függetleníthető teljesen a berendezéstől, és legtöbbször magában az illesztett berendezésben is változtatást igényel;
- b) A hálózat jellege függ attól, hogy a berendezések között milyen rendszerű jelek haladnak.



1. ábra. Illesztési módszerek hatása a hálózat jellegére; □ — új rendszer; ○ — régi rendszer; × — illesztőtag; ≡ — új rendszerű jelek haladnak a vonalon; — — a régi rendszernek megfelelő jelek haladnak a vonalon

Ebből kiadódik az illesztő berendezések teljes jelenértékének minimuma az áttérési periódus alatt. És kiszámítottuk azokat a tényezőket, amelyek az áttérés során növelik a költségeket. Majd vázoljuk az új típusú berendezések bevezetéséből származó előnyöket, figyelembe véve a kisebb méretű épületeket, a felügyelet nélküli üzemmódot, és az esetleg biztosítható többletszolgáltatásokat.

A költség-növelő tényezők egybevetésével kialakítható az áttérés gazdaságilag legkedvezőbbnek tűnő programja. Ennek gyakorlati kialakításához figyelembe vesszük az eddig kidolgozott áttérési módszereket és hálózati struktúrákat. A gazdasági számítások alapján a létező megoldások közül igyekszünk választani.

Mielőtt a gazdasági számításokra áttérnek, először röviden áttekintjük a hálózatban alkalmazott berendezések arányainak változását.

A berendezésarányok változása

Az új típusú berendezésekre, áramkörökre való áttérés gazdasági kérdéseinek vizsgálatához számítsuk ki, hogy a  $t$ -edik évben milyen arányban szerepel a hálózatban új, illetve régi típusú berendezés. A számításához induljunk ki abból a feltevésből, hogy a  $t=0$  időponttól kezdve a beruházások során csak új típusú berendezés kerül a hálózatba. Ebből következik, hogy számításunk első lépéseként a beruházások nagyságát kell meghatározni.

A beruházások célja

A beruházások feladata a fejlődés során felmerülő igények kielégítésén kívül az elhasználódott, selejtezésre kerülő berendezések pótlása, illetve a nem kielégítő szolgáltatású, avult berendezések lecserélése. E három tényezőhöz tartozó berendezés mennyiséget külön-külön számítjuk ki.

a) A fejlődés nagysága a szokásos módon kamatoskamat képletével számítható ki. Ha jelenleg  $N(0)$  csatorna áramkör, gép központ, kábel stb., van, akkor a  $t$ -edik évben

$$N(t) = N(0) \cdot (1 + \nu)^t \quad (1)$$

lesz, ahol  $\nu$  a fejlődésre jellemző állandó.

A  $(t+1)$ -edik évben szükséges beruházás kifejezhető, mint a  $(t+1)$ -edik évben a fejlődés hatására szükséges berendezésszám, mínusz a  $t$ -edik évben már üzemben levő berendezések stb. száma. A fejlődés hatására tehát a  $(t+1)$ -edik évben

$$\Delta N(t+1) = N(0) \cdot [(1 + \nu)^{t+1} - (1 + \nu)^t] \quad (2)$$

számú új berendezést kell a hálózatban elhelyezni.

Kiemelve  $(1 + \nu)^t$  tényezőt

$$\Delta N(t+1) = N(0) \cdot (1 + \nu)^t [1 + \nu - 1] = N(0) \cdot (1 + \nu)^t \cdot \nu$$

b) Az elhasználódott, kiüregedett berendezések lecserélése miatt szükséges mennyiségi pótlás kiszámítható, ha ismerjük az adott berendezés, kábel vagy építmény  $T$  élettartamát. Selejtezendők ugyanis azok a berendezések, amelyek a  $t$ -edik évben éppen  $T$ -korúak. Itt a  $T$  nem az előzetes tervezési érték, hanem egy általában annál nagyobb valóságos élettartam. A leselejtezendő mennyiség a  $(t+1)$ -edik évben:

$$N_s(t) = N(t) \left[ \frac{1}{(1 + \nu)^T} - \frac{1}{(1 + \nu)^{T+1}} \right] = \frac{N(t)}{(1 + \nu)^T} \cdot \frac{\nu}{1 + \nu} \quad (3)$$

A nagyságrendek megbecsülése érdekében nézzük meg, hogy 30 éves átlagos élettartam esetén a vizsgált egység, vagy berendezés  $t$ -edik évben levő darabszámának hány %-a cserélendő le évi 8% fejlődés mellett. Táblázatból kiolvastva  $N_s(t) = 0,005 \cdot N(t)$ , az adott számértékek mellett. 6%-os fejlődés és 20 éves élettartam esetén a szorzótényező 0,015, végül 8%-os fejlődés és 50 év élettartam esetén 0,0010 (1. 1. táblázat).

c) A minőségi követelmények kielégítése érdekében szükséges berendezések mértékét úgy állapítjuk meg, ha megvizsgáljuk a hálózat elhasználódási fokát, és arra törekszünk, hogy a beruházások mértéke biztosítsa, hogy ez az arány a beruházások során ne

1. táblázat

Fejlődés $v=$	5	6	7	8	10
	%				
20	0,018	0,015	0,012	0,010	0,007
25	0,014	0,011	0,009	0,0070	0,0042
30	0,011	0,008	0,0062	0,0047	0,0027
35	0,0085	0,0062	0,0045	0,0032	0,0017
40	0,0066	0,0046	0,0032	0,0022	0,0010
45	0,0054	0,0036	0,0024	0,0016	0,0007
50	0,0042	0,0026	0,0017	0,0010	0,0004

csökkenjen. Az elhasználódási fok a berendezések pillanatnyi értéke  $P(t)$  és a beruházási érték  $B(t)$  hányadosával fejezhető ki

$$k = \frac{P(t)}{B(t)}$$

Annak érdekében, hogy  $k$  ne csökkenjen a  $t$  időpontban üzemben levő  $N(t)$  berendezés  $b$ -ed részét új berendezéssel kell pótolni [ $b \cdot N(t)$ ] a  $(t+1)$ -edik évben. A pénzügyi leírás megadó  $k$  érték egyben a szolgáltatás avulását is jellemzi. A szolgáltatás korszerűségének és minőségének legalább állandó szinten tartásához lényeges, hogy  $k$  értéke az időben ne csökkenjen. A távközlési berendezéseknél szokásos 4,4% évi leírás feltételezésével kiinduló követelményünk teljesítéséhez  $b=0,06-0,08$  biztosítandó, vagyis elavulás miatt 6–8% cserélendő le évenként.

A teljes beruházási mennyiség a három tényező összege, ami felírható a következő alakban

$$N(t+1) - N(t) = \Delta N(t+1) + b \cdot N(t) + N_s(t),$$

ahol  $b$  az új szolgáltatások miatt beszerzendő berendezések aránya, amit az előbbieknél 0,06–0,08 értékek tételeztünk fel.

A beruházások nagysága

A következőkben a berendezések rendszerük szerinti osztályozása céljából jelöljük a hálózatban levő új berendezések számát a  $t$ -edik évben  $N_2(t)$ -vel, a régi berendezéseket pedig  $N_1(t)$ -vel. Akkor általánosan felírható, hogy

$$N(t) = N_1(t) + N_2(t) \tag{4}$$

a kiinduló feltételeknek megfelelően

$$N(O) = N_1(O) \text{ és } N_2(O) = 0 \tag{5}$$

Ezek előrebocsátása után nézzük meg az új berendezések számának alakulását. Ez az évenkénti fejlődés és a régi berendezések lecseréléséből adódó berendezésszám összege.

$$N_2(t+1) = \sum_{i=0}^t N(t+1) - N(t) = \sum_{i=0}^t \Delta N(t+1) + b \cdot N(t) + N_s(t) \tag{6}$$

A  $\sum$  alatti kifejezést  $\delta N(t)$ -vel jelölve és  $N(t)$  értéket  $N(O)$ -al kifejezve

$$\delta N(t) = N(O) \cdot (1+v)^t \left[ v + \frac{v}{(1+v)^{T+1}} + b \right] \tag{7}$$

A felírt egyenletet rendezve:

$$\delta N(t) = N(O) \cdot (1+v)^t [v + K + b] \tag{8}$$

ahol

$$K = v \cdot (1+v)^{-(T+1)}$$

A korábbiaknak megfelelően ennek értéke adott fejlődési tényező és avulási vagy lecserélési idő esetén állandónak tekinthető. A zárójelben levő mennyiségek tehát egy adott berendezés típusra, és ismert fejlődésre állandóak.

Az áttérési idő

A következő feladatunk az lesz, hogy kifejezzük azt az időpontot, amikor régi berendezés már nem marad a hálózatban, vagyis amikor  $N_1(t) = 0$ . Ebből a feltételtől következik, hogy  $N(t) = N_2(t) = \delta N(t)$ . Ez meghatározható a (6) egyenletből, amibe behelyettesítjük (8)-at.

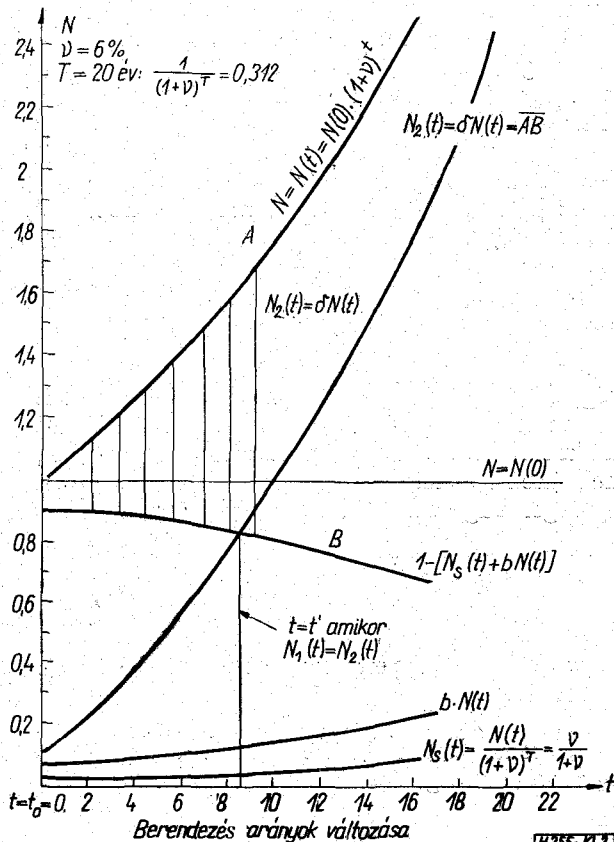
$$N_2(t) = \sum_{i=0}^t N(O) (1+v)^i \cdot (K + v + b) \tag{9}$$

A véges mértani sorozat összeg képletet felhasználva kapjuk

$$N_2(t) = N(O) [K + v + b] \cdot \frac{(1+v)^t - 1}{v} \tag{10}$$

Ha ezt egyenlővé tesszük  $N(O)$ -val, akkor azt kapjuk, hogy [az (1) és (10) egyenlet összevetése]:

$$(1+v)^t = 1 + \frac{v}{K + b} \tag{11}$$



2. ábra. A berendezés arányok változása az idő függvényében

Tovább rendezve

$$(1 + \nu)^t = 1 + \frac{1}{(1 + \nu)^{-T-1} + \frac{b}{\nu}} \quad (12)$$

Áttérve a logaritmikus alakra

$$t \cdot \log(1 + \nu) = \log \left[ 1 + \frac{1}{(1 + \nu)^{-T-1} + \frac{b}{\nu}} \right] \quad (13)$$

A keresett időpont, amikor a átérés befejeződik

$$t_0 = \frac{\log \left[ 1 + \frac{1}{(1 + \nu)^{-T-1} + \frac{b}{\nu}} \right]}{\log(1 + \nu)} \quad (14)$$

Tájékoztató közelítésképpen a logaritmikus kifejezéseket a Taylor-sor első tagjával helyettesítve:

$$t_0 = \frac{1}{(1 + \nu)^{-T-1} + \frac{b}{\nu}} = \frac{1}{\nu(1 + \nu)^{-T-1} + b} \cong \frac{1}{K + b} \quad (15)$$

Vagyis az átérés 6–8%-os fejlődés esetén 10–16 évig tart. Erre az időszakra kell az illesztőegységeket a hálózatba bevezetni.

Az átérés költségének minimumszámítása

Az új átviteltechnikai vagy kapcsolástechnikai berendezések a jelentős típusváltozás miatt csak külön illesztőegységekkel képesek a meglévő hálózat hasonló célú elemeivel együttműködni. Az illesztőegységek költsége áramkörönként vagy fokozatonként  $C$  értékűek. Jelenleg a hálózatban már működik  $N(O)$  egység vagy áramkör, amelyet illeszteni kell az új megoldású berendezésekhez, vagy az újakat kell illeszteni a meglévőekhez. Vizsgáljuk az átérés  $t_0$  időszaka alatt felmerülő illesztési többletköltségek jelenértékét, (a jelenérték definícióját és számítását lásd: [1, 2, 3, 4, 5] irodalmakban) különböző illesztési stratégiák alkalmazása esetén.

*Az átérés teljes időszakában az új berendezéseket illesztjük a régiékhöz*

Ennek az elvnek az alkalmazásával, csak az utolsó régi típusú berendezés selejtezése után érvényesülnek maradéktalanul az új rendszer előnyei. A költségek alakulásához írjuk fel az illesztőegységek költségeinek jelenértékét. A hálózatba beépítésre kerülő új egységek vagy berendezések száma (10) szerint:

$$N_2(t) = N(O)[K + \nu + b] \cdot \frac{(1 + \nu)^i - 1}{\nu}$$

A beruházási lépcsők száma  $t_0$  átérési időszak alatt legyen  $s$  és  $i$  az éppen vizsgálat alatt levő beruházás sorszám.

A hálózatba beépítésre került új típusú berendezések és rendszerek üzemeltetéséhez szükséges illesztőegységek költsége  $C = \Delta C \cdot N_2(t)$  és ennek jelenértéke

$$C_0^{(i)} = \frac{C}{(1 + r)^s}$$

egy beruházási lépcsőben, ahol  $r$  a népgazdaságban használatos átlagos kamatláb. A teljes  $t_0$  időszakban

$$C_0 = \sum_{i=0}^s C_0^{(i)} = \sum_{i=0}^s N_2(t) \cdot \Delta C \cdot \frac{1}{(1 + r)^{t_0/s+i}}$$

ami részletesen kiírva

$$C_0 = \sum_{i=0}^s N(O)[K + \nu + b] \cdot \frac{(1 + \nu)^{t_0 i} - 1}{\nu} \Delta C \cdot \frac{1}{(1 + r)^{t_0 i/s}}$$

Az időtől független tagokat kiemelve:

$$C_0 = N(O) \cdot \Delta C \cdot \frac{K + \nu + b}{\nu} \sum_{i=0}^s \frac{(1 + \nu)^{t_0 i} - 1}{(1 + r)^{t_0 i/s}} \quad (16)$$

Ez az a többletköltség, ami az új technikára való átérés miatt jelentkezik, ha az új berendezéseket illesztjük a régiékhöz.

*Az új berendezések megjelenésétől kezdve a régi berendezéseket illesztjük az újakhoz*

Ennek az elvnek az alkalmazása folyamatosan érvényesíti az új technika előnyeit. Tételezzük fel, hogy az illesztés költsége nem függ az átérés stratégiájától és jelen esetben is  $\Delta C$ . Mivel  $N$  berendezés vagy áramkör működik, valamennyit el kell látni a  $t = t_0 = 0$  időpontban illesztőegységekkel. Ennek a költsége, ami egyben a jelenérték is,

$$C_0 = \Delta C \cdot N(O) \quad (17)$$

Jelöljük az első illesztési stratégiához tartozó többlet beruházások jelenértékét  $C_{01}$ -el az utóbbit  $C_{02}$ -vel. E kettő összetétele érdekében vizsgáljuk a  $C_{01}/C_{02}$  hányadost (16) egyenlet osztva (17)-el.

$$C_{01}/C_{02} = \frac{K + \nu + b}{\nu} \cdot \sum_{i=0}^s \left\{ \frac{[1 + \nu]^{t_0 i}}{[1 + r]^{t_0 i/s}} - \frac{i}{(1 + r)^{t_0 i/s}} \right\} \quad (18)$$

A  $\Sigma$  alatti kifejezés két véges mértani sor összegének különbsége. A különbségi kifejezést először abban a speciális esetben értékeljük, amikor  $\nu = r$  (a kamatláb és a fejlődési tényező). Ebben az esetben a (18) egyenlet számos közelítés után a következő egyszerű alakban adható meg:

$$C_{01}/C_{02} \cong \frac{K + \nu + b}{\nu} (s + 1)$$

Ebből kiolvasható, hogyha  $s \gg 1$ , akkor

$$C_{01} = \frac{K + \nu + b}{\nu} s \cdot C_{02} \quad (19)$$

tehát ha az új berendezéseket illesztjük a régiékhöz, az lényegesen költségesebb, mintha valamennyi régit illesztenénk első lépésben vagy az összekapcsolás mértékétől függően kiépítve, de a hálózat jellegét mielőbb korszerűsítve — az újhoz. Ha  $\nu \neq r$ , akkor a (18) egyenlet más közelítését vizsgálhatjuk meg. Általában  $r > \nu$  ezért felírható, hogy

$$\frac{1 + \nu}{1 + r} = 1 - \theta$$

Ezt felhasználva, majd a különbségek és összegek hatványait sorbafejtve és az első két tagot felhasználva a következő közelítő formulát kapjuk:

$$C_{01}/C_{02} \cong \frac{K + v + b}{v} [s + s] = 2 \frac{s}{v} (K + v + b). \quad (20)$$

Az előzővel azonos következtetés vonható le. Látszik, hogy  $C_{02} < C_{01}$ , de nem vizsgáltuk még, hogy nem létezik-e a  $C_{02}$ -nál még kisebb áttérési költség. Ezért ezek után felmerül az a kérdés, hogy létezik olyan  $t$  időpont, ameddig az első stratégiát követve, majd ott áttérve a másodikra, és ha  $t$  a  $0 < t^* < t_0$  intervallumban van akkor a  $C_{01}$  és  $C_{02}$  jelenértéknél kisebb lesz az illesztés költsége. Nevezzük ezt változó illesztési módszernek.

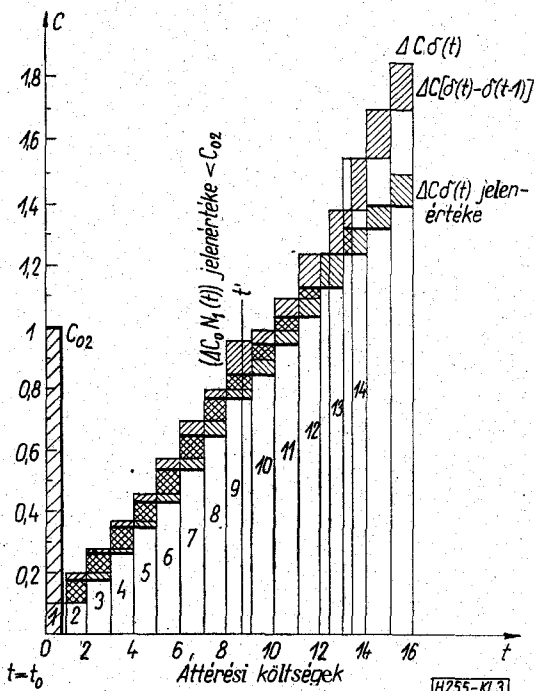
**Változó illesztési módszer**

Az áttérés kezdetén az új berendezéseket illesztjük a régiekhez. Majd a  $t^*$  időpontban az akkor még üzemben levő régi berendezést illesztjük az újakhoz. Ennél az eljárásnál az áttérés miatt szükséges illesztőtagok

$$C_{03} = N(O) \cdot \Delta C \frac{K + v + b}{v} \left[ \frac{v}{K + b + v} + \frac{K + b}{K + b + v} v t^* \right] + \frac{2t^*}{t_0}. \quad (23)$$

Keressük  $C_{03}$  minimumát, a  $0 \leq t^* \leq t_0$  tartományban, vagyis azt az időpontot, amikor az illesztési módszereinket változtatni kell. A (23) kifejezést differenciálva, majd a differenciálhányadost 0-val téve egyenlővé a következő egyenletet kapjuk.

$$Kv + bv + \frac{2(1+r)^{t^*}}{t_0} \cdot (K + b + v) = v [1 + Kt^* + bt^*] \cdot \ln(1+r). \quad (24)$$



3. ábra. Az áttérési költségek a különböző módszerek esetén, minden évben a teljes illesztési jelenértékköltség addigi összege látható

költsége:

$$C_{03} = N(O) \cdot \Delta C \frac{K + v + b}{v} \sum_{i=1}^{s=t^*/t_0} \frac{(1 + v^{it_0/s} - 1)}{(1+r)^{it_0/s}} + \frac{N(t^*) \Delta C}{(1+r)t^*} \quad (21)$$

ahol az első tag jelenti a  $t^*$  időpontig az új típusú berendezésekben elhelyezett illesztőegységek jelenértékét, és a második jelenti  $t^*$  időpontban még üzemben levő valamennyi régi berendezési illesztésének költségeit.

Itt  $N_1(t^*) = N(t^*) - N_2(t^*)$  és a (10) és az (1) összefüggéseket felhasználva:

$$N_1(t^*) = N(O) \left[ -(1+v)t^* \cdot \frac{K+b}{v} + \frac{K+v+b}{v} \right]. \quad (22)$$

Béirva ezt a (18) kifejezésbe, majd az így megjelenő (21) alatti mértani sort összegképpéval helyettesítjük.

Az ekkor keletkező formula közvetlenül nem értékelhető. Ezért első közelítésképpen feltételezzük, hogy  $v < r \ll 1$ , és az ebből következő sorfejtési lehetőségeket végrehajtjuk.

Ekkor a következő összefüggést nyerjük.

Ismét keressük az egyenlet megoldását közelítéssel. Ennek során az összegek és különbségek hatványait, valamint a logaritmust sorbafejtjük, és a sor első két tagját használjuk fel. Majd megoldva az egyenletet  $t^*$ -ra és a megoldást tovább egyszerűsítve, figyelembe véve, hogy  $v \cong r$ -el, első tájékoztatóként a következő összefüggést kapjuk:

$$t^* \cong \frac{K + b - r}{r(K + b)}. \quad (25)$$

Általában elég hamar át kell térni a 2. módszer szerinti illesztésre. Ha  $r = K + b$ , akkor azonnal a régi berendezések illesztését kell végrehajtani.

**A rendszerváltozás szükségessége**

Az üzemeltetők rendszerváltozásra ösztönző igényei jelentősek. Vizsgáljuk meg az ösztönző és a visszafogó érveket. Az üzemeltető érdekei a fenntartásigényesség, ráfordítás és a szolgáltatás minőségének javításában jelentkeznek.

**Fenntartásigényesség**

Kétségtelenül a postaigazgatóságok talán legnagyobb problémáját a következő évtizedekben a szükséges fenntartó személyzet biztosítása fogja jelenteni.

Várható a fenntartóktól olyan igény, hogy a karbantartói személyzet létszáma 1985-ig ne növekedjék, azt követően pedig csökkenjen, dacára az évi 6–10%-os kapacitásszaporulatnak.

Ez az igény reálisnak látszik, hiszen az extenzív létszámgazdálkodás feltételei már nem biztosíthatók. A program megvalósítása csak alacsony karbantartás-igényű új berendezések bekapcsolásával, illetve a régi fenntartásigényes központok kiváltásával érhető el.

## Költségek

A fenntartó postaigazgatóságok specifikációiban általánosan olvasható az a feltétel, hogy a beruházási és a fenntartási költségek az újonnan fejlesztendő berendezéseknél nem haladhatják meg a meglévő, alkalmazott berendezések hasonló paramétereit. Ennek ellenére nincs tudomásunk olyan új központrendszer-ről, melynek az egy vonalkapacitásra eső költsége ne lenne nagyobb az üzemelő rendszereknél.

Milyen indokok játszanak szerepet abban, hogy a központok ára állandóan emelkedik és az egy előfizetői állomás létesítésére eső költségből is egyre nagyobb és nagyobb részarány jut a kapcsolás árára?

A kapcsolóúttal és ebből következően a kapcsolóelemekkel szemben egyre nagyobbak az igények. Mechanikai rendszereknél a nemesfém-érintkezők alkalmazása ma már természetes követelmény. A zajérzékenység csökkentésére tett intézkedések, az egyre kisebb kapcsolóáramok, a keresztpontonkénti kapcsolás alkalmazása, mind többletköltséggel jár. A félvezetők alaptulajdonságaiknál fogva nem alkalmasak közvetlenül kapcsoló üzemmódra. Ilyen felhasználásuk a jelfogóval szemben még többletinvestálást igényel. A legnagyobb probléma azonban ezen a területen, hogy az elektromechanikai kapcsológép után nem alakult még ki egy általánosan elfogadott kapcsolóelem. Márpedig egy alkatrészt csak a milliós nagyságrendű tömeggyártás teheti gazdaságossá.

A félvezetőtechnika gyors fejlődése, állandó változása kiforrottan technológiája akadályozta tulajdonképpen alkalmazásának széles körű elterjedését hosszú élettartamú nagyberendezéseknél. Kétségtelen azonban, hogy a félvezetőtechnika fejlődése lelassult és lassan kialakul a hosszútávon is figyelembe vehető, kapcsolóberendezések vezérlési feladatait ellátó alkatrészválaszték. Talán a tárolók fejlesztése az a terület, ahol még tág lehetőségek vannak biztosítva új eljárások alkalmazására. Az integrált áramkörtechnika alkalmazása árcsökkenés szempontjából ma éppolyan biztató, mint 10 évvel ezelőtt a germánium alapanyagú alkatrészeké volt. Jelenleg azonban a hazai gyártóbázis kialakulatlansága következtében a fejlesztők jórészt a még drága import alkatrészekre vannak utalva.

## A szolgáltatás minőségének javítása

A postaigazgatások előírják specifikációikban az új szolgáltatások biztosíthatóságát. Rendszerint azonban az ezen speciális szolgáltatásokat kielégítő áramköröket még nem rendelik meg, mert a szolgáltatás általános használatát a hálózatukban található korszerűtlen régi központok nem biztosítják, átalakításuk pedig nem lenne gazdaságos. Végeredményben tehát ezek a többletszolgáltatások csak akkor válnak közhasználatúvá, ha egy új rendszer már annyira elterjedt, hogy indokolhatóvá válik a régi központokra kapcsolt előfizetőknek a szolgáltatás használatából való kizárása.

A következő megvizsgálandó tényező a gyártó érdekeltsége az új központrendszerek kifejlesztésében. A gyártó érdekei a versenyképesség és a gazdaságos gyártás és szerelhetőség irányába hatnak.

## A versenyképesség

Ezt a feltételt már a bevezetőben érintettük. Megállapítható, hogy ha ma még nem is igényli a posták nagy része az elektronikus központok gyártását, azt mindenesetre kikötik, hogy a szállított rendszer legyen annyira rugalmas, hogy a későbbiekben különösebb adaptáció nélkül bármilyen rendszerrel együtt tudjon működni. Nyilvánvaló, hogy a postaigazgatóságok óvakodnak az amúgy is jelentős adaptációs problémáikat a jövőre nézve tovább szaporítani. A versenyképesség feltétele tehát kettős feladatot ró a gyártóra. Régi gyártott rendszerét fokozatosan korszerűsíteni kell és fejlesztenie kell egy új rendszert, mely a régivel úgy tud együttműködni, hogy minőségileg jobb paramétereit, új szolgáltatásait teljes mértékben kihasználhatók legyenek.

## Gyártástechnológia

Az új rendszerek kifejlesztésének egyik legalapvetőbb oka, hogy a várható nagy vonalkapacitás-igény kielégítésére szolgáló központokat hagyományos technikával gyártani már nem gazdaságos. A technológia fejlődése a híradástechnikai iparban különösen feltűnő, s ennek eredményeképpen egyre kevésbé gazdaságos a régi módszerrel és anyaggal gyártani. Gondoljunk csak a kábelezés technológiájának fejlődésére, az információtárolókra, a szerelés és vizsgálat gépesítésére, automatizálására.

Összefoglalva az eddigieket, egy rendszerváltozás legfőbb elősegítő kritériumai a gyártó részéről a versenyképesség, és az új technika és technológia alkalmazásából adódó előnyök, az üzemeltető részéről pedig a fenntartási-igényesség csökkenése. Korlátozó, illetve ellene ható tényezők a meglévő hálózat illesztési problémái, és a rendszerváltozással még mindig együttjáró magasabb ár.

## Digitális technika bevezetése a távközlőhálózatba

A közeljövő várható legnagyobb változása az időosztásos digitális technika széles körű elterjedése lehet. Jelenleg a frekvenciaosztásos átvitel és a térosztásos kapcsolás a nyilvános távközlőhálózat beruházott értékeinek mintegy 90%-át teszi ki. Ez a technikai megoldás azonban a további technikai fejlődés igényeit nem tudja kielégíteni. Az áttérési költségek minimumszámítása során leírtak alapján a gazdaságos tömeggyártás miatt szükségessé vált kevesebb egyedi beállítást és mérést igénylő rendszer kidolgozása. Ennek a célkitűzésnek az időosztásos átvitel és kapcsolás várhatóan meg fog felelni, és a következő évtized a két rendszer együttműködési problémáit kell, hogy megoldja.

## Világtrend

Jelenleg Európában PCM átviteltechnikai szakaszok üzembehelyezésével kezdődött el a digitális technikára való áttérés. Kísérleti szinten megjelentek az időosztásos központok. Ebben a fejlődési fázisban minden digitális szakasz végpontján megjelenik a digitális analóg átalakító, ami a teljes egészében

analóg hálózathoz illeszti a kidolgozott új rendszert. Ez a megoldás azonban a gazdasági számítások alapján a távlatban feltétlenül gazdaságtalan lesz. A nagyszámú digitális rendszer valamennyi végpontján digitál—analóg átalakítók elhelyezése megsokszorozza a hálózatépítés költségeit. Ugyanakkor nehezen látszik megoldhatónak, hogy igen elterjedt vívőfrekvenciás berendezések és térosztásos központok valamennyi csatlakozási pontjára egy lépésben analóg—digitál átalakítókat helyezünk el, hogy a hálózat teljes egészében digitális jellegű legyen. Ez a költség meghaladja a postaigazgatóság ötéves beruházási terveit, tehát a jelenérték szempontjából leggazdaságosabbnak kimutatott megoldás az egy lépésben azonnal szükséges tőkeráfordítás nagysága miatt gyakorlatilag nem valósítható meg. Ez a probléma fékezte le mind a francia, mind az angol kísérleti hálózatok szélesebb körű elterjedését. Tanulva a digitális technika bevezetésében első helyen levő két európai ország tapasztalataiból, a zürichi távközlési szemináriumon a svájci postaigazgatóság egy új áttérési tervet ismertetett.

Az áttérési terv lényege, hogy a digitális berendezések egymással digitálisan kapcsolódnak. A bővítéseket és új létesítményeket, melyek digitális rendszerben kapcsolódnak össze, folyamatosan bővítik és az analóg hálózattal párhuzamosan alakítanak ki egy digitális hálózatot. Az előfizetők, illetve információforrások egy része a digitális hálózatban, más része az analóg hálózatban foglal helyet. A digitális hálózathól induló és oda érkező hívások közbenső átalakítók nélkül az egységes digitális időosztásos hálózaton jutnak át. Hasonló a helyzet az analóg hálózattal. Ha a két hálózat között kell a forgalmat lebonyolítani, akkor az analóg hálózat csatlakozási pontján elhelyezzük az átalakítókat.

Ez a svájci hálózatkiépítési módszer akkor alkalmazható előnyösen, ha a nagy érdekeltséget mutató előfizetői csoportok csak egy hálózathoz kapcsolódnak.

Ebben az áttérési módszerben az új technika bevezetése egyidejűleg teszi lehetővé átviteles és kapcsolástechnikai berendezések kipróbálását, és a kapcsolástechnikai berendezések különböző fokozatai között az együttműködést anélkül, hogy az egész hálózat üzembiztonságát veszélyeztetné. A zürichi szeminárium óta eltelt 2 év során több más ország is igyekezett ehhez az elképzeléshez hasonló módszert találni a digitális technikára való áttérésre.

#### Helyközi hálózat

A hazai viszonyok között a digitális technika bevezetése elsősorban a körzethálózati síkban történhet meg. A rurálhálózatban levő előfizetők forgalmának nagyrésze a körzeten belül marad, így a rurálhálózatban elhelyezett PCM berendezések és időosztásos jelek kapcsolását lehetővé tevő központok üzembehelyezhetők úgy, hogy a göcközpontba csak azoknak az áramköröknek a részére, melyek a körzethől kilépnek kell analóg-digitál átalakítókat elhelyezni. A gazdaságos fejlesztés ezek szerint következőképpen kezdődhet el.

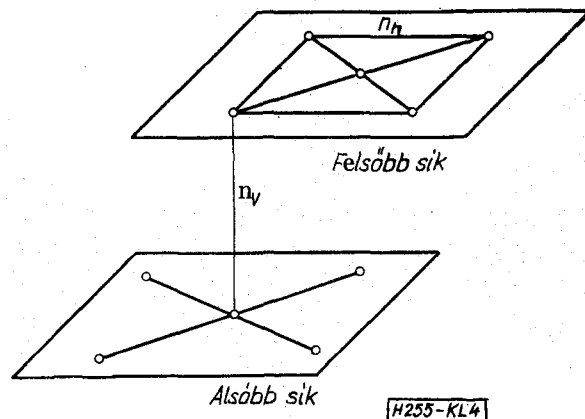
Egy göckörzetben, annak a göckörzetnek automatizálásakor valamennyi vég-szektor és szektor-vég

áramkör részére PCM összeköttetéseket biztosítunk. A göcön belül maradó 1, 2, 3 vagy 4 szakaszos összeköttetéseket analóg-digitál átalakítás nélkül digitális hálózatot képeznek. Ennek működéséhez olyan vég-, szektor- és göcközpontok kellenek, melyek a PCM rendszerek időosztásos jelzéseit időosztásban tudják felhasználni, és a kapcsolómező, ha működési módját tekintve térosztásos is, de alkalmas időosztású jelek átvitelére. Ennek a fejlesztésnek Magyarországon reális lehetősége van, mert a Telefongyár által kidolgozott PCM 30/32 berendezés a jövő digitális hálózatának szabványosított eleme lesz, az ECR-központok pedig illeszkedni tudnak az időosztásos jelzések vételére, és az ennek segítségével vezérelt cross-bar gépek alkalmasak időosztásos multiplex jelek átkapcsolására. Az analóg-digitális átalakítók száma a forgalomhoz képest igen csekély, ugyanis a kezdeményezett forgalom 50—70%-a a göc területén belül marad.

Az első ilyen göckörzet megvalósítása után létrehozható ugyanazon gyűjtőgóc területén belül második, harmadik, negyedik göckörzet, egészen addig, ameddig a gyűjtőgóc területén levő valamennyi göc nincs ellátva digitális rendszerekkel. Ebben a fázisban következik be a gyűjtőgóc központ kiváltása digitális kapcsoló központtal. Ez a fázis várhatóan csak akkor következik be, amikor már a fejlesztési igények miatt esetleg több gyűjtőgóc területén megkezdődött a göcszakaszok digitális berendezésekkel való kialakítása.

Magyarországon ezt az áttérési ütemezést az is indokolja, hogy 1970—80 között a gyűjtőgócok korszerű automata távhívó központokat kapnak, és korszerű nagy csatornaszámú kiskoaxiális rendszerekkel kapcsolódnak a fővárosokhoz. Ezeknek a rendszereknek az élettartama legalább 20 év, úgyhogy 1990-ig elavulásukkal nem kell számolni, így nem indokolt, hogy ebben a felsőbb hálózati síkban 1990 előtt megjelenjenek új elven működő távközlési rendszerek.

A gazdasági számításokat, és a fejlődési tendenciákat vizsgálva egyaránt úgy látszik, hogy hazai viszonylatban az alsóbb hálózati síkok ellátása digitális rendszerekkel célszerű lesz. Természetesen szükség ehhez, hogy a digitális rendszerek tömeggyártás során olyan szintre jussanak, hogy az üzemeltetők részére gazdaságos legyen 10—30 km távolságon új építések esetén is ezeknek a rendszereknek az alkalmazása és minőségük az igényeket kielégítse.



4. ábra. A hálózati síkban fekvő horizontális összeköttetések és a hálózati síkokat összekötő vertikális összeköttetések



## Helyi hálózat és különszolgáltatások

A helyi hálózatok fejlődésében két jellegzetes tendencia látható. Az egyik tényező a szolgáltatások körének állandó bővülése, a másik pedig a helyi hálózat méreteinek növekedése.

E két fejlődési irányzat a kapcsolástechnika két fő funkcióját, a kapcsolást és a vezérlést ellentétes irányban befolyásolja. Az üzemeltetés és gyártás igényei egyaránt a vezérlési funkciók koncentrációja, s ugyanakkor a kapcsolómező decentralizálása irányába hatnak.

A helyi hálózatok terjeszkedésének eredményeként már itt is több koncentrációs sík különböztethető meg. Így ma nagyvárosi hálózatban külön kezelhetjük az előfizetői koncentrátorokat, a főközpontokat és az azok forgalmát tovább koncentráló trunkközpontok síkját.

TD rendszerben működő átviteltechnikai berendezések gazdaságos telepítését a távolság és az átvendő forgalom nagysága befolyásolja. TD kapcsolóközpont gazdaságosságát ugyancsak az átvendő forgalom nagysága, és emellett a kapcsolat homogenitása, az A/D átalakítók alkalmazásának szükségessége szabályozza.

Mindezek összefoglalásaként, a gazdaságos alkalmazhatóságnak két alapvető feltétele adódik. Időosztásos berendezések ott alkalmazhatók elsődlegesen, ahol 10 km-nél nagyobb távolságra nagy forgalmi nyalábokat kell irányítani.

Az előzőekben meghatározott síkok közül ennek a feltételnek a trunkközpontok síkja felel meg legjobban.

A trunkközpont valóban több főközpont koncentrált forgalmát irányítja egy másik, rendszerint távolfekvő trunkközpont irányába. Előfizető nem csatlakozik hozzá, s így az információ-átalakítás minimális mértékű berendezés-többletet igényel. A kevés számú, zártrendszerben működő trunkközpontok között a tranzitálás is könnyebben megoldható tárolási és átalakítási problémák nélkül.

Felmerül még egy lehetőség a helyi hálózatban a TD berendezések alkalmazására. Amennyiben egy szolgáltatás egyetlen főközpontból kapcsolható, és a többi főközpontból ide irányuló igény kellő forgalmat jelent, úgy a főközpontok síkjában is biztosíthatók a gazdaságosság feltételei. Ilyen szolgáltatás ma a TELEX, melynek forgalmát lebonyolíthatják PCM átviteltechnikai berendezések, anélkül, hogy a forgalom emelkedése trunkkábel bővítést vonna maga után.

## Összefoglalás

A tanulmányban igyekeztünk vázolni annak szükségességét, hogy a távközlő hálózatban bizonyos periódusokban új elveken működő rendszernek kell megjelennie. Ismertettük ezeknek a rendszereknek a bevezetésével járó nehézségeket, amelyeket az előnyöknek kompenzációk kell. A gazdasági optimumhoz és a gyakorlati lehetőségekhez legjobban illeszkedő megoldásnak az tűnik, ha az új technika egy-egy összefüggő hálózati részen kerül bevezetésre, amelynek belső forgalma lényegesen nagyobb, mint az ország többi területéhez való kapcsolata. Ilyen módon látszik, hogy a következő rendszerváltás, ami a digitális technika megjelenésével várható, elsősorban a körzethálózat területén vezethető be. A gazdasági számításon kívül technikai, és szervezési szempontok indokolják a programvezérelt központok és a PCM rendszerek bevezetésének helyéül, ezt a hálózati síkot kiválasztani. Ha 1—1 összefüggő területen nagyobb mértékű elterjedésre lehet számítani, akkor az illesztési és fenntartási problémák is minimálisra csökkenthetők. Ebben a hálózati síkban elhelyezésre kerülő központok vezérlése már most illeszkedjék az időosztásos átvitelhez, vezérlése időosztásos legyen, kapcsolómezeje tudjon átvinni időmultiplex mintavételezett jeleket, és később más kapcsolómezővel legyen helyettesíthető.

Amennyiben a budapesti hálózatban aktuálisvá válik trunkközpontok telepítése, úgy azokat is TD áramkörökkel és kapcsolómezővel javasoljuk realizálni. Ezek a megállapítások természetesen nem zárják ki időosztásos átviteltechnikai berendezések szórványos alkalmazását bárhol, ahol a gazdaságosság kritériuma érvényesül.

## I R O D A L O M

- [1] CCITT Economic and Technical Aspects of the Choice of Transmission Systems. Part D. ITU Genf 1969.
- [2] Morgan: Telecommunication Economics. MACDONALD London 1958.
- [3] Borsos K.—Lajtha Gy.: Finding the Economic Optimum in Planning Telecommunication Networks. Budavox Review 1971/3—4. 9—27. old.
- [4] Solymos L.: Tables and Graphs for the Economic Dimensioning of Communication Networks. Budavox Review 1971/—34. 28—41. old.
- [5] Solymos L.: Hálózattervezés jelenérték módszerrel. PKI Közlemények XII/3 19/1. 31—60. old.