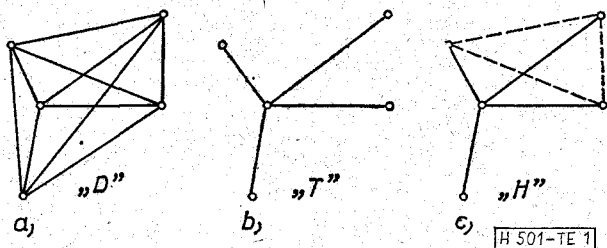


A kerülőutas forgalomirányítás kérdései

ETO 621.395.74:654.153.3

Ismeretes, hogy a távbeszélő trunkhálózatoknak három típusa van (1. ábra).

Az 1a ábrán az úgynevezett szövevényes (direkt) összeköttetés látható. Ebben az esetben minden központot összekötünk egymással. Ilyen például a manuális helyközi hálózat. A szövevényes összeköttetés azért szükséges, mert a manuális központokon keresztül való kapcsolás az összeköttetés létrehozásának idejét és az összveszteséget megnöveli.



1. ábra

A sok irány miatt egyes áramköri szakaszokra nagyon kis forgalom jut. Ezeknek veszteséges üzemmódban való lebonyolítása rossz áramkörkihasználással történne. A manuális üzemmód miatt azonban a hívások késleltetésével („várákoztatásával”) azokat egymás mögé lehet sorolni. Ilyenkor egészen kis (például egy áramkörből álló) áramkörnyalábokat is jól ki lehet használni.

Az ilyen rendszerben a hívásokat általában csak rövidebb-hosszabb várakozással lehet lebonyolítani. A technika gyors fejlődése azonban megköveteli, hogy az információk terjedése minél gyorsabb legyen. Ehhez kisveszteségű, gépi kapcsolású áramkörökre van szükség.

A kis veszteségű hálózat azonban általában már nem lehet szövevényes elrendezésű. Az olyan összeköttetéseknek ugyanis, amelyekre kis forgalom jut, rossz a kihasználása.

A megoldást az 1b ábrán látható sugaras- vagy csillag rendszerű hálózat jelenti. Ebben az esetben a kis forgalmú, rosszul kihasznált nyalábok forgalmát nagy forgalmú, jól kihasznált összeköttetésekre tereljük. A többszöri tranzitálás a központok gyors átkapcsolási ideje miatt nem növeli meg lényegesen a beszédkapcsolás felépítésének idejét.

A gazdaságossági számítások során kiderült, hogy a csillagrendszerű hálózat sem a legolcsóbb. Két, elég nagy forgalmú, központ között gazdaságos lehet úgynevezett haránt összeköttetést létesíteni (1c ábra). A haránt összeköttetéseket általában nem gazdaságos kis veszteségűre méretezni, hanem jó áramkör-

kihasználásra. Mivel kis forgalom mellett a jól kihasznált áramkörök a felajánlott forgalomnak csak egy részét tudják lebonyolítani, a le nem bonyolított („meghagyott”, „túlcsoorduló”) forgalmat a magasabb rendű haránt irányokon keresztül a csillagrendszerű (úgynevezett utolsó választású) összeköttetések felé tereljük.

A haránt összeköttetések optimális méretezésére a svéd Dr. Yngve Rapp számítógépes módszert dolgozott ki. A következőkben ezt röviden ismertetjük.

1. A Rapp-módszer ismertetése

A Rapp-féle optimális áramkörszám meghatározásának az az elve, hogy a forgalom lebonyolításához annyi haránt-, illetve kerülőutas áramkört adjunk, hogy az összköltség minimális legyen. Három számítási mód lehetséges:

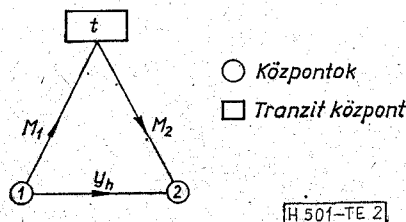
a) A veszteségeket a költségek függvényében fejezzük ki. Ezen az alapon a haránt- és a kerülőutas áramkörök számát úgy határozzuk meg, hogy a berendezésköltségek és a forgalmi veszteségek gazdasági értékének összege lehető legkisebb legyen.

Az eljárás szerint a fenti áramkörszámok meghatározásához a különböző irányok egy áramkörének a költségét G -hez; az előfizető várakozási idejének az értékéhez viszonyítjuk.

b) Két központ közötti forgalom lebonyolítására felveszünk egy \bar{P} veszteségi tényezőt. A hálózatot úgy méretezzük, hogy az egész hálózat \bar{P} veszteségi tényezővel bonyolítsa le a forgalmat.

c) Az utolsó választású útvonal P_i veszteségi tényezőjét vesszük fel előre. Erre a P_i veszteségi tényezőre csak az utolsó választású áramköröket méretezzük.

Ezen változatok részletesebb vizsgálatához felhasználjuk Wilkinson egyenértékű véletlenszerűség-elméletét, amely szerint az összes haránt áramköri csoportot helyettesíteni lehet olyan egyenértékű ideális csoporttal, amelynek átlagértéke és szórásnégyzete megegyezik az egyes haránt áramkörök meghagyott forgalma átlagértékének és szórásnégyzetének az összegével. Ezen az alapon a hálózatokat a 2. ábrán látható egyszerűsített hálózattal lehet helyettesíteni.



2. ábra

Vezessük be a következő jelöléseket:

- y_h — az 1-es központból a 2-es központba kezdeményezett forgalom,
- n — a haránt útvonal áramkörszáma,
- m_1, m_2 — áramkörszám az „1-1” illetve a „1-2” kerülőúton,
- $M_i = M_i(n)$ — a kerülőút forgalmának átlagértéke, illetve szórásnégyzete, ha a
- $V_i = V_i(n)$ — haránt összeköttetés „n” áramkörből áll ($i=1,2$),
- $n_i^* = n_i^*(n)$ — a Wilkinson egyenértékű csoport áramkörszáma, ha a haránt összeköttetés „n” áramkörből áll ($i=1,2$),
- $y_i^* = y_i^*$ — a Wilkinson egyenértékű csoport felajánlott forgalma, ha a haránt összeköttetés „n” áramkörből áll ($i=1,2$),
- B, B_1, B_2 — a haránt és a kerülő utak egy áramköre költségének a jelen értéke (ami a beruházási, az üzemeltetési és a javítási költségeket tartalmazza),
- G — az előfizető órabérével arányos költség tényező,
- \bar{P} — a teljes veszteségi tényező a b) változat szerint,
- P_t — az utolsó választású áramkörök veszteségi tényezője a c) változat szerint.

Az 1-1-2 háromszög költsége minimális, ha a haránt áramkörök számát az alábbi feltételek szerint határozzuk meg:

a) változat:

$$B \cdot n + B_1 \cdot m_1 + B_2 \cdot m_2 + G[y_1^* \cdot P(n_1^* + m_1, y_1^*) + y_2^* \cdot P(n_2^* + m_2, y_2^*)] = \min \quad (1)$$

b) változat:

$$B \cdot n + B_1 \cdot m_1 + B_2 \cdot m_2 = \min. \quad (2)$$

Kikötések

$$y_1^* \cdot P(n_1^* + m_1, y_1^*) = \bar{P} \sum_i y_{1i} \quad (3)$$

$$y_2^* \cdot P(n_2^* + m_2, y_2^*) = \bar{P} \sum_i y_{2i} \quad (4)$$

c) változat:

$$B \cdot n + B_1 \cdot m_1 + B_2 \cdot m_2 = \min. \quad (5)$$

Kikötések:

$$y_1^* \cdot P(n_1^* + m_1, y_1^*) = P_t \cdot M_1 \quad (6)$$

$$y_2^* \cdot P(n_2^* + m_2, y_2^*) = P_t \cdot M_2 \quad (7)$$

Az irodalom szerint az a) változat adja a legpontosabb eredményt (azt is figyelembe veszi, hogy a hívások várakozása, illetve elveszése milyen költségkiesését jelent népgazdasági szinten), de az (1) képlet megoldása nagyon körülményes, mert n, m_1 és m_2 értékét egyidejűleg kell meghatározni bonyolult differenciálegyenletekből. Ugyanakkor a c) változat a valóságtól nagyon eltérő eredményt ad.

A fentieknek megfelelően a gyakorlatban a b) változatot legcélszerűbb alkalmazni.

A képletekben az m_1 -et, illetve az m_2 -t (vagyis a kerülőút áramkörszámát) a Wilkinson-elmélet alapján az alábbi módon lehet meghatározni:

a) A haránt áramkörök ismeretében kiszámítjuk a meghagyott forgalom átlagértékét, illetve szórásnégyzetét

$$M_v = y_{hv} \cdot P_{nv}(y_{hv}), \quad (8)$$

$$V_v = M_v \left(i - M_v + \frac{y_{hv}}{n_v + 1 + M_v - y_{hv}} \right), \quad (9)$$

ahol n_v a v -edik haránt irány áramkörszáma, y_{hv} pedig a forgalma.

b) Kiszámítjuk meghagyott forgalom átlagértékét és szórásnégyzetét

$$M = \sum_v M_v, \quad (10)$$

$$V = \sum_v V_v. \quad (11)$$

c) Az egyenértékű csoport n^* áramkörszámát, illetve y^* forgalmát az alábbi egyenletrendszer segítségével határozhatjuk meg:

$$M = y^* \cdot P_{n^*}(y^*) \quad (12)$$

$$V = M \left(1 - M + \frac{y^*}{n^* + 1 + M - y^*} \right). \quad (13)$$

Az egyenértékű csoport veszteségi tényezőjéből meghatározható a közös kerülőutas csoport m áramkörszáma. Az egész rendszer meghagyott forgalma ugyanis

$$y^* \cdot P_{n^*+m}(y^*) = \bar{P} \sum_v y_v. \quad (14)$$

A fenti egyenletből már meghatározható az m értéke.

Az előzőkből láttuk, hogyan lehet kiszámítani az áramkörszámot a haránt-, illetve a kerülő útvonalakon. Az optimalizálási eljárás ezután a következő:

a) Megnézzük, hogy a haránt áramkörök számának eggyel való csökkentése után, mennyivel fog növekedni az áramkörszám az utolsó választású útvonalon

$$\Delta m(n) = m(n-1) - m(n). \quad (15)$$

b) A hálózat akkor optimális, ha az összes haránt áramkörre találunk olyan n értéket, amely kielégíti az alábbi feltételt:

$$B_1 \Delta m_1(n) + B_2 \Delta m_2(n) \leq B. \quad (16)$$

A képlet azt fejezi ki, hogy a hálózat akkor lesz optimális, ha az utolsó választású áramkörök többletköltsége nem lesz nagyobb, mint a haránt áramkörök költségcsökkenése. Ha egyenlőség áll fenn, akkor mindegy, hogy a haránt áramkörök csökkentését végrehajtjuk-e vagy sem. Amint látjuk, a meghatározására nincs explicit képlet, azt csak többszöri próbálkozással lehet megállapítani. Nagyobb hálózat esetén ez nagyon hosszadalmas munka, ezért az optimalizálási feladat megoldására számítógépet kell alkalmazni.

2. Közelítő módszerek

Sokszor adódik olyan feladat, hogy gyorsan meg kell becsülni az optimális megoldást. Az irodalomban erre több közelítő módszer van. Ezek közül kettőt ismertetünk a következőkben.

a) Vezessük be a következő kifejezést:

$$\varepsilon = \frac{B}{B_1 + B_2} \quad (17)$$

A képlet tehát a haránt összeköttetés és a kerülő út egy áramköre jelen értékének a hányadosát tartalmazza.

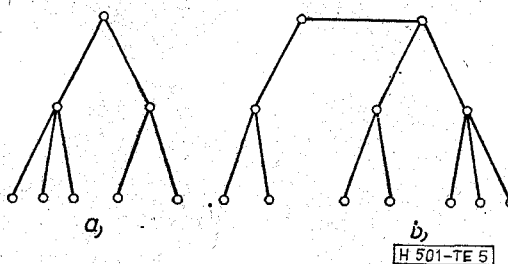
Az ε tényező segítségével felírhatjuk a következő közelítő képletet:

$$F(n) = y[P(n) - P(n+1)] = \varepsilon[1 - \eta(1 - \varepsilon^2)] \quad (18)$$

Az $F(n)$ áramkör kihasználási tényezéből és az y forgalomból a 3. ábra alapján lehet meghatározni az áramkörszámot.

$\eta = 0,3$ esetén általában ± 1 db pontossággal lehet meghatározni az áramkörszámot.

b) Sok esetben neni szükséges az áramkörszámokat meghatározni, csak azt, hogy szövevényes, suga-

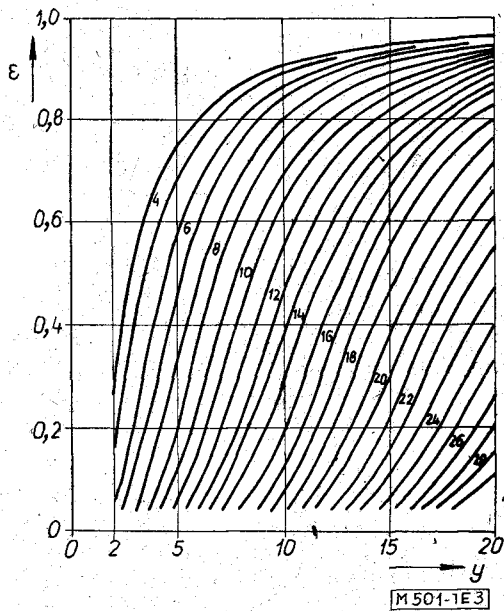


5. ábra

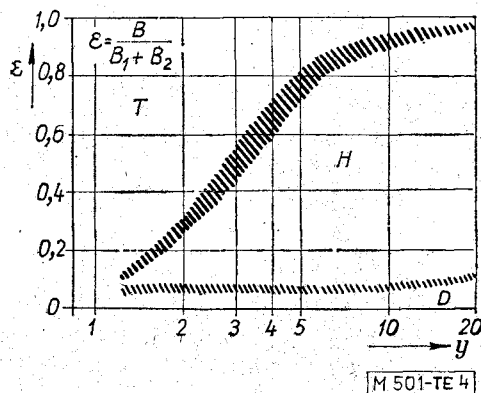
ras vagy kerülő utas hálózatot alkalmazzunk-e. Ezt a kérdést a 4. ábra (az úgynevezett THD diagram) alapján el lehet dönteni.

A T, H, illetve D betű sugaras, haránt, illetve szövevényes hálóztípust jelent az 1. ábrán is látható módon.

A THD diagramon az egyes hálóztípusoknak megfelelő tartományok közötti elválasztóvonal nem éles. Ha a vizsgálat során valamelyik vonalkázott tartományba kerülünk, pontosabb számítással lehet csak eldönteni a megfelelő hálóztípust.



3. ábra



4. ábra

3. Rapp-módszer alkalmazási területe

A trunk-hálózatokra vonatkozó Rapp-módszernek három alkalmazási területe van: távhívó (gerinc-) hálózat, körzet (rurál-) hálózat, többközpontos helyi hálózat.

A hálózatok hierarchikus, illetve poligonális felépítésűek lehetnek (5. ábra).

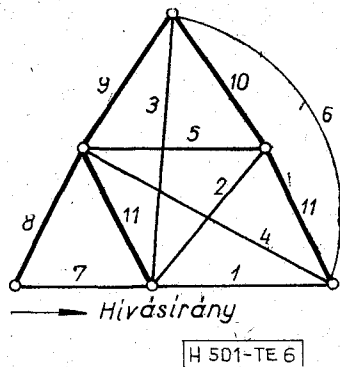
A hierarchikus hálózatnál egy csillagközpontoz tartozik az összes többi központ. A poligonális hálózatnál egynél több csillagközpont van, amelyek kis veszteségű, szövevényes áramkörökkel csatlakoznak egymáshoz.

A magyarországi távhívó és a helyi trunkhálózat hierarchikus vagy poligonális, a körzethálózat pedig hierarchikus felépítésű lehet. A helyi trunkhálózat a csillagközponttól a legalacsonyabb rendű központokig egy, a távhívó hálózat pedig két szakaszból állhat. Gócközpontok góckörzetében két, gyűjtőgócközpontok góckörzetében három, főgyűjtőközpontok góckörzetében pedig négy helyközi szakasz sorbakapcsolása lehetséges, de a gyakorlatban kettőnél több szakasz sorbakapcsolásával előreláthatólag nagyon hosszú ideig nem kell számolni, ezért a továbbiakban elegendő két felfűzött szakaszból álló, hierarchikus hálózattal foglalkozni. Az itt kapott megfontolásokat természetesen általánosítani lehet poligonális, illetve kettőnél több szakaszból álló trunkhálózatokra is.

4. Az összeköttetések típusai

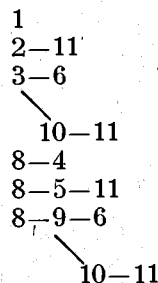
A két szakaszból álló, hierarchikus hálózatok a következő összeköttetéstípusokból állnak (6. ábra).

A 11-típusú összeköttetés két helyen szerepel, mert például távhívó hálózat esetén mindkettő gyűjtőgócközpontból a gyűjtőgócközpontoz tartozó gócközpontba menő összeköttetés.



6. ábra

Az 1-típusú haránt iránynak az alábbi kerülő útjai vannak:



A többi haránt összeköttetésre hasonló módon lehet a kerülő utakat felírni.

5. A „3”-„6” típusú összeköttetések gazdaságosságának vizsgálata

Az előző pontban láttuk, hogy az 1-típusú haránt iránynál a forgalom egy része a 3-típusú összeköttetésre irányulhat. Felmerül a kérdés, hogy abban az esetben, ha a 3-típusú összeköttetés jóval hosszabb, mint a 8-4-típusú, szabad-e az előző típusú haránt összeköttetést kerülő útként igénybe venni? (A 3-típusú összeköttetést ugyanakkor a 8-9 utolsó választású összeköttetések haránt irányaként feltétlenül figyelembe kell venni.) Ilyen eset fordulhat elő például távhívó hálózatban egy ország határán levő gócközpontnál, amely gyűjtőgócközpontja közel van a hívott gócközponthoz.

A kérdés megválaszolásához rajzoljuk ki a hálózat egy részét (7. ábra).

Látható, hogy az ábra azonos a 2. ábrán láthatóval, azzal az eltéréssel, hogy a haránt irány most a 3-, illetve a 6-típusú összeköttetésből tevődik össze.

6. A többi haránt hány gazdaságosságának vizsgálata

Az előző pontban ismertetett kérdés felmerülhet más haránt összeköttetéseknel is. Vizsgáljuk meg például a 8. ábrán látható földrajzi elhelyezkedést, illetve nyomvonalas felfűzést.

Az 1-típusú összeköttetés kerülő útja többek között a 2-11, illetve a 8-4. Az utóbbi rövidebb, tehát feltehetően gazdaságosabb is. Mivel azonban először az előzőre irányul a forgalom, kérdés, hogy megengedhetjük-e ezt a kerülőutat?

A választ itt is akkor kapjuk meg, ha az összeköttetést átrajzoljuk. A 9. ábráról közvetlenül leolvashatjuk a gazdaságosság feltételeit.

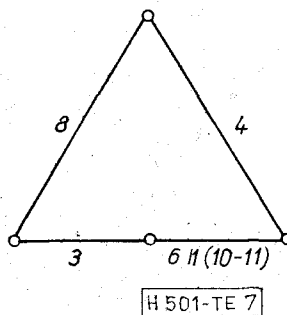
7. A gazdaságosság gyakorlati számításai

Az előzők alapján meghatározhatjuk, hogy a haránt irányok részére mely kerülő utakat engedélyezzük, s melyeket ne. Kérdés az, hogy ezt a vizsgálatot milyen mélységben kell, lehet, illetve szabad elvégezni?

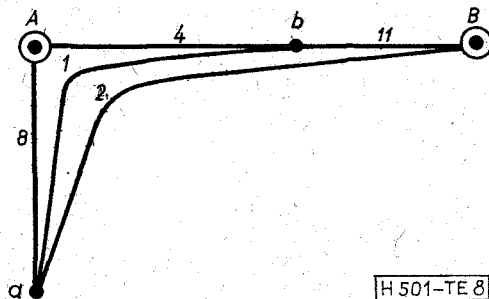
a) A közelítő számításokat minden harántirányra el kell végezni.

b) A feladat *egzakt megoldását* az jelenti, ha minden haránt irányra és azok összes kerülőút-variációjára kiszámítjuk a költséget, s azok minimumát vesszük figyelembe. Ez azonban annyira megnöveli a futásidőt, hogy a programot gyakorlatilag nem lehet lefuttatni.

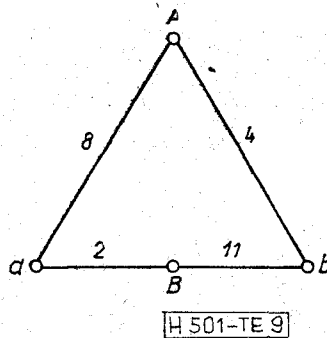
c) A közelítő számítások eredményét a programban figyelembe lehet venni. Ez azonban nagy tárolóka-



7. ábra



8. ábra



9. ábra

pacitást igényel, mert a nem folyamatos forgalomirányítást csak új mátrixok bevezetésével lehet megoldani. Az alapadatok pontatlanságát tekintve, erre általában nincs is szükség.

d) *Egy-két soronkövetkező választás kihagyatása* általában kielégítő pontosságú eredményt ad. Az ebből adódó pontatlanság azért nem okoz súlyos hibát, mert például a 3-típusú összeköttetésre eső meghagyott forgalom általában jóval kisebb a felajánlott forgalomnál. Ezért az 5. pontban tárgyalt esetben gazdaságtalannak adódó irányítás esetén sem kapunk lényeges eltérést a pontos számításhoz képest. A központokban a viamarkerek (ARM központok), kimenő és tranzit regiszterek (IT3 központok), illetve

egyéb fogalomirányítást vezérlő áramkörök bekötését a közelítő számítások eredményének megfelelően kell végrehajtani.

I R O D A L O M

- [1] *Rapp, Y.*: Planning of Junction Network in a Multi-exchange Area.
I. General Principles. Ericsson Technics. 1. 1964. 1—54. o.
II. Extensions of the Principles and Applications. 2. 1965. 187—240. o.
- [2] *Wilkinson, R. I.*: Theories for Toll Traffic Engineering in the USA Bell System Technical Journal 35. 1956. 421—516. o.
- [3] *Lajtha Gy.*: Távközlő hálózatok elmélete és tervezése. Könyvkiadó. 1971.