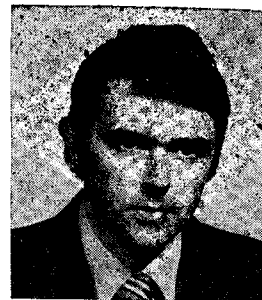


Távbeszélő-hálózatok túlterhelésvédelme*

DR. SALLAI GYULA
Posta Kísérleti Intézet



ÖSSZEFOGLALÁS

Az alternatív irányítású hálózatok forgalmi túlterhelés alatt kedvezőlemben teljesítményt mutatnak, mint ami az áramkörüi nyálábok terhelhetőségéből várható lenne. Összetettebb, jobb hálózati kihasználtságot nyújtó forgalom-irányítás esetén e hatás még erősebb. Hierarchikus alternatív irányítású hálózatban ez szükségessé teszi az utolsó választási utaknak közvetlenül felajánlott forgalmi összetevők védelmét a túlsordulások haránt nyálábok túlterhelése ellen. A cikk áttekint, optimalizálja és összehasonlítja a preventív védelmi módszereket, figyelembe véve az előnyöket és a költségeket. Az utolsó választási utak hasítása bizonyul a leghatékonyabb és leggazdaságosabb eljárásnak. A haránt nyálábok kiesvesztésévé tétele, ha egyáltalán szóba jöhet, szintén hatékonyan járul hozzá a túlterhelés elleni védelemhez. Az utolsó választási és a haránt nyálábok túlméretezése helyett ezeknek az eljárásoknak az alkalmazása javasolt.

A távközlő hálózatok technológiai fejlesztésének egyik célja a jövő hálózata költségeinek csökkentése, a hálózat gazdaságosságának, kihasználtságának javítása. A hálózat kihasználtsága függ a forgalmi terhelések nagyságától és eloszlásától, az alkalmazott forgalomirányítási eljárástól, a hálózat struktúrájától és jelzésrendszerétől. A hálózat kihasználtsága jelentősen növelhető összetettebb irányítások bevezetésével, pl. az automatikus alternatív irányítás és a tárolt-program vezérelt (TPV) központok és a közös csatornás jelzésrendszer (CCS) adta irányítási lehetőségek révén [1, 2, 3].

Az 1. ábra egy hálózat átlagos torlódási valószínűségét mutatja, különböző forgalomirányítási rendszerek mellett, azonos eloszlású forgalmi terhelés esetére. Mindhárom irányítási rendszerre a hálózatot azonos teljes költségre méreteztük. Mivel a hierarchikus alternatív irányítású hálózat gazdaságosabb a direkt irányítású hálózatnál, névleges forgalmi terhelések esetén kisebb torlódási valószínűséget nyújt. A még összetettebb, nemhierarchikus irányítás további torlódás csökkentésre ad lehetőséget, nagyobb hálózati hatékonyságot biztosít.

Azonban, ahogy a terhelések növekednek, a torlódási görbék metszik egymást, és a korlátozottabb képességű irányítás nyújtja a hatékonyabb szolgáltatást. Megfelelő intézkedések, beavatkozások hiányában a hálózat teljesítményének jelentős csökkenése következhet be nagymértékű túlterhelések és hálózat-elem-kiesések esetén. A hálózat méretezésében, felügyeletében és vezérlésében olyan módszerek alkalmazása válik ezért szükségessé, amelyek a magas hálózati teljesítményt a forgalmi állapotok egy széles tartományában biztosítják. Ez különösen fontos a digitális hálózatokban, ahol a hálózat kihasználtságának növelésére a névleges terhelésnél további lehetőségek is rendelkezésre állnak, ezáltal tovább növelik a hálózat érzékenységét a túlterhelésekre, hálózatelemek kiesésére.

* Készült az 5. Reletronic, Megbízhatóság az elektronikában szimpóziumon (1985. aug.) elhangzott előadás alapján.

Beérkezett: 1985. XII. 5. (#)

DR. SALLAI GYULA

A Budapesti Műszaki Egyetemen 1968-ban villamos mérnöki oklevelet szerzett. 1976-ban a műszaki tudományok kandidátusa fokozatot nyerte el. 1968-tól 1975-ig a Budapesti Műszaki Egyetem Híradástechnikai Elektronikai Intézetében oktatott, távközlési rendszerek mérések, adatátvitel és digitális jelfeldolgozás témakörökben. 1975 óta a Posta Kísérleti Intézet tudományos főmunkatársaként

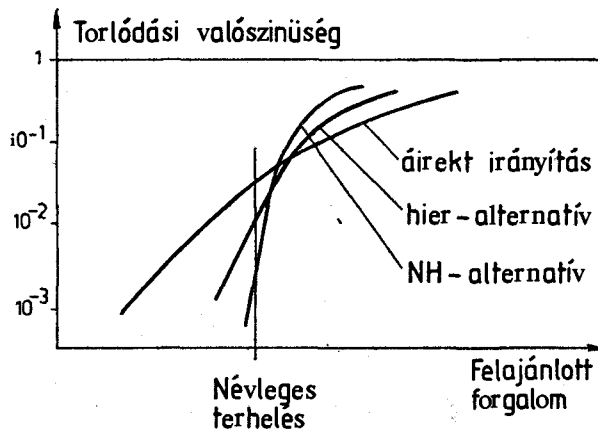
majd tanácsadójaként a távközlő hálózatok tervezése komplex kutatás-fejlesztési téma vezetője. Távközlő hálózatok tervezésének számítógépes módszereivel, valamint a digitális technika hálózatba való bevezetésének kérdéseivel foglalkozik. Nemzetközi szimpóziumokon számos alkalommal tartott előadást. 1979-ben Eötvös Loránd-Díjat kapott, 1981-től címzetes egyetemi docens. 1984. január 1-től a Posta Kísérleti Intézet igazgatója.

Jelen cikkben először röviden áttekintjük a hálózat forgalmának védelmére alkalmazott eljárásokat a hálózat irányítási rendszerével való összefüggésben, majd a hierarchikus hálózatokban rendszeresíthető preventív méretezési módszereket vetjük össze alkalmazásuk hatékonysága szempontjából.

1. Forgalomirányítás és védelem összefüggése

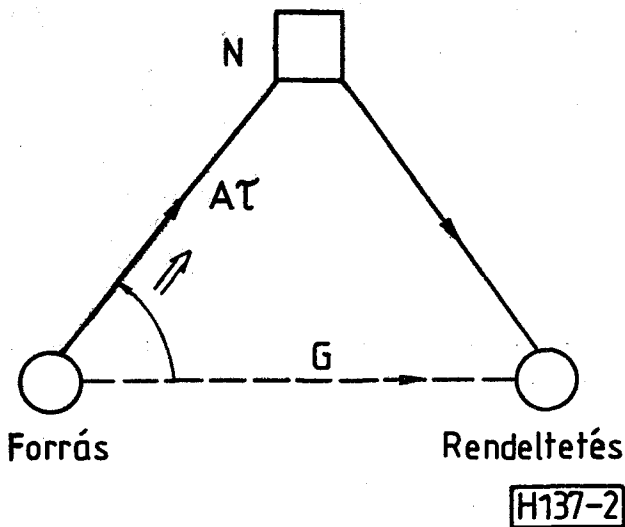
A távbeszélő hálózatokban alkalmazott forgalomirányítási módszerek bonyolultságuk szerint öt csoportba oszthatók:

1. *Fix-utas irányítás*: az irányítási szabályok egyértelműen rögzítik az átviteli irányt, amely felé a kívánt kapcsolat felépítése folytatódhat. Ha a kívánt irányban minden áramkör foglalt, a hívás elvész. Ezért az összes áramkörüi nyáláb kiesvesztéséig. Tipikusan ilyen a szó-

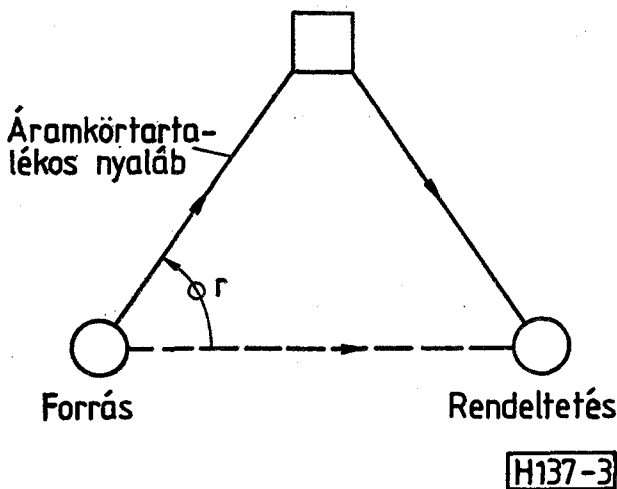


[H137-1]

1. ábra. Azonos összköltségű hálózatok átlagos torlódása a felajánlott forgalom függvényében különböző irányítási rendszerek esetén



2. ábra. Statikus hierarchikus alternatív irányítás, N az utolsó választású nyaláb, G a haránt-nyaláb áramkör száma



3. ábra. Dinamikus hierarchikus alternatív irányítás, ahol a túlsordulás letiltott, ha nincs r szabad áramkör az alap-hálózati nyalábban

vevényesen összekötött központok direkt irányítása, valamint a direkt-tandem irányítás [4].

2. *Statikus hierarchikus alternatív irányítás* (elektromechanikus (EM) központrendszer esetén): a kívánt kapcsolat a lehetséges utak egyikén épül fel, vándorló vezérléssel. A forgalomirányítási szabályok a központok hierarchikus besorolásának alapján a lehetséges utakat és azok választási sorrendjét (szekvenciális túlsordítás) egyértelműen rögzítik. Az EM-központok folytán a forgalomirányítás változtatása, a túlsordítás megakadályozása nehézkes (2. ábra) [4].

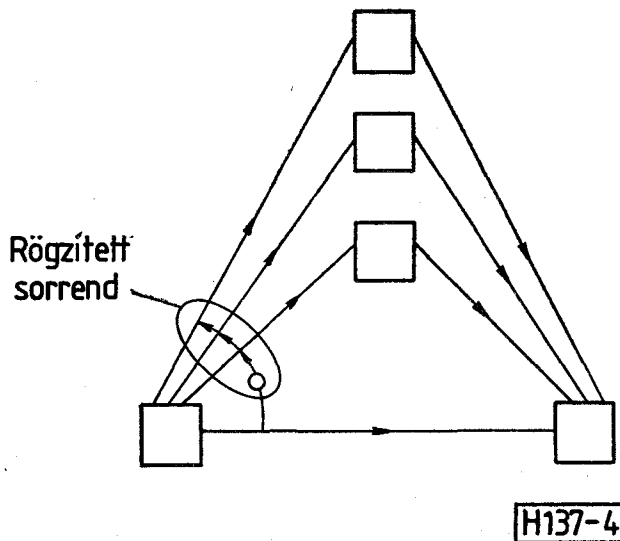
3. *Dinamikus hierarchikus alternatív irányítás* (tárolt-program vezérelt (TPV) központrendszer esetén): mint az előző, kivéve, hogy az irányítás változtathatósága, a túlsordulás feltételekhez kötött megakadályozása könnyen megoldható (3. ábra) [5].

4. *Dinamikus nemhierarchikus alternatív irányítás* (DNHR): a közös csatornás jelzés rendszer és a tárolt-program vezérlés folytán a központok hierarchikus

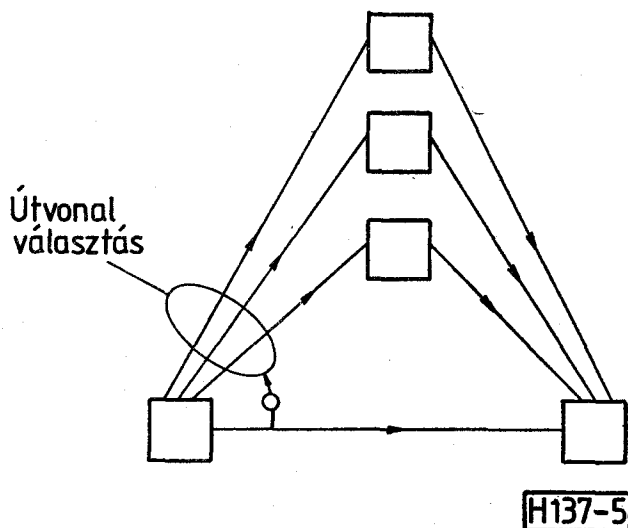
besorolása mellőzhető, az alternatív útvonalak annak kötöttségeitől mentesen határozhatók meg egy-egy viszonylatra. Az alternatív útvonalak választási sorrendje (továbbra is) előre meghatározott, de a hívások felépítését végig a — DNHR-rendszerben benne levő — kezdeményező központ vezérli. A megengedett alternatívák köre és szekvenciája időszakosan, például napi program szerint változtatható (4. ábra). A jelenleg működő legfejlettebb forgalomirányítású távbeszélő hálózat e rendszert alkalmazza, legfeljebb kétszakaszos tandemútvonalakat engedve meg [2].

5. *Adaptív irányítás* (AR): a hálózat forgalmi állapota alapján optimális tandemútvonalat határoznak meg minden viszonylatra, amelyet a közvetlen útról túlsordult hívások nagy sikerességi valószínűséggel vehetnek igénybe. (5. ábra). A tandemútvonalak — az AR hálózaton belül — célszerűen kétszakaszosak, optimalitásukat rövid időközönként (10 sec nagyságrendben) felülvizsgálják. Kísérleti AR-hálózat már üzemel [3].

A forgalomirányítási rendszerek egyes csoportjai az előzőnél jobb hálózati kihasználtságot nyújtanak névleges terhelés esetén, ugyanakkor kiterjedtebb védelmet is igényelnek a túlterhelésekkel szemben. A jobb hálózati kihasználtságot a mind nagyobb flexibilitással, kiterjedtebb, kötetlenebb alternatív irányítással érik el. De ez okozza a nehézséget is túlterhelés esetén: a többletforgalom továbbcsordulva a névlegesnél nagyobb arányú tandemútvonalat eredményez, ezzel kedvezőtlenül fokozza a kapcsolat létesítésével lekötött hálózati kapacitást, csökkenti más hívások felépítésének esélyeit. E hatásokat mérséklő védelmi eljárásokat a védelempolitikája szerint preventív és korrektív eljárások csoportjára oszthatjuk. A preventív eljárások a hálózat struktúráját és méretezését módosítják oly módon, hogy a legvalószínűbb zavarokra ellenállóképessége fokozódjék. A korrektív eljárások a zavarok érzékelése utáni olyan beavatkozások (automatikus vagy manuális), amelyek a hálózat működését oly módon igazítják, hogy teljesítőképessége az elérhető optimumot közelítse.



4. ábra. Dinamikus nemhierarchikus irányítás, az alternatív útvonalak előre meghatározott sorrendjével



5. ábra. Adaptív irányítás, felteteles útvonalválasztással

1. táblázat

Túlterhelés-védelmi módszerek (P preventív, A automatikus korrektív, M manuális korrektív módszer)

Irányítás	Fix-utas	EM-hier.	TPV-hier.	DNHR	AR
Alaphálózat-túlméretezés	P	P	P	—	—
Alaphálózat-hasítás	—	P	P	—	—
Haránt-túlméretezés	—	P	P	P	P
Teljes nyalábképzés	—	P	P	—	—
Áramkör-tartalékolás	—	—	A	A	A
Túlsordulás-tiltó vezérlés	—	—	M	A	A
Szekvenciavezérlés	—	—	M	M	A
Újrairányítás	—	—	M	M	M

Az 1. táblázat a legfontosabb védelmi módszereket sorolja fel, feltüntetve az egyes módszerek típusát és alkalmazhatóságát a különböző forgalomirányítási rendszerek esetén.

A preventív módszerek — amelyeket a cikk második felében részletezünk — főként a hierarchikus hálózatokban kielégítőek és használatosak. EM központrendszer esetén — a taglalt védelmi technikákat illetően — kizárólagosak. A forgalomvezérlés módszerei tipikusak a TPV-hálózatokban. A szimulációs vizsgálatok, mérési tapasztalatok szerint az áramkör-tartalékolás automatikus forgalomkorlátozó eljárásaként való alkalmazása elkerülhetetlen nemhierarchikus hálózatokban ahhoz, hogy túlterhelések esetén a hálózat teljesítményének csökkenését elkerüljük [1, 6]. (Az áramkör-tartalékolás lényege a 3. ábrán következő: egy áramkör-tartalékos nyalábra túlsordult hívást felajánlani csak akkor lehetséges, ha azon egy meghatározott számú (pl. 2...3) áramkör legalább szabad, amely áramköröket az illető nyalábra közvetlenül felajánlott hívások számára tartalékolnak.) A túlsordulás teljes leltására is sor kerülhet. Megjegyzendő, hogy a túlsordulás korlátozása és a korrektív alternatív utak választási sorrendjének módosítása (szek-

venciavezérlés) az adaptív irányítás szerves részét képezi, velejárója. A túlsordulási lehetőségek egy behatárolt mértékű expanziója DNHR és AR hálózatokban automatizálható.

A különböző védelmi eljárások segítségével, azok kombinálásával a TPV hálózatokban szinte ideális túlterhelésvédelem érhető el [1, 5, 6].

A továbbiakban a preventív, méretezéses módszerekre koncentrálunk, amelyek a legtöbb hierarchikus távbeszélő hálózatban egyedüli rendelkezésre álló hálózattechnikai eszközeink. Egyéb módszereket, lehetőségeket ismertet [7].

2. Hierarchikus hálózatok túlterhelésvédelmének méretezési módszerei

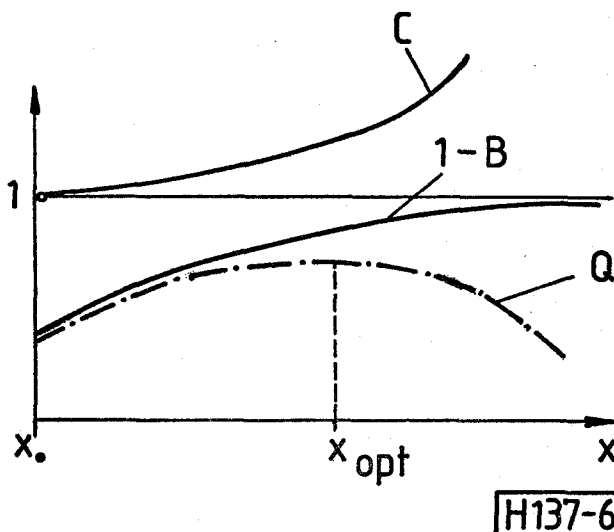
Hierarchikus alternatív irányítási hálózatokban a túlterhelési többletforgalmak zöme az utolsó választású útvonalakra, az alaphálózatra torlódik, ami az alaphálózatra közvetlen felajánlott forgalmak lebonyolítását kedvezőtlenül befolyásolja. Ezért a hierarchikus hálózat túlterhelésvédelme alapvetően e forgalmi komponensek védelmére irányul.

A különböző preventív, méretezési módszerek a hálózat költségeit növelik. A módszereket τ -szoros túlterhelés esetén vizsgáljuk, keresve az x méretezési paraméter függvényében nyújtott védelmi szint és a többletköltségek optimális egyensúlyát. Mérőszámul a

$$Q(x) = \frac{S(x, \tau)}{C(x)} = \frac{1 - B(x, \tau)}{c(x)/c(0)}$$

kvalifikációs tényezőt alkalmazzuk, ahol a számláló a védendő forgalom sikerességét fejezi ki túlterhelés esetén, a nevező pedig a relatív költségeket, egyaránt a védelmi módszer valamely x paraméterértéke mellett. Az $S(x)$ definíció szerint monoton 1-hoz tart, a $C(x)$ pedig egy $x_0 \geq 0$ helyen levő minimumhely után monoton növekvő. Így x -re egy optimális érték nyerhető, amelyet a védelem adott módszer szerinti hatékony megoldásának tekintünk (6. ábra) [8].

A hatékony megoldást az 1. táblázatban feltüntetett preventív méretezési módszereknél adjuk meg.



6. ábra. Védelmi módszerek hatékonyságának alakulása az x méretezési paraméter függvényében

2.1. Az utolsó választású nyalábok túlméretezése

Általánosan használt preventív módszer az utolsó választású nyalábok egyszerű túlméretezése, különféle számítási módszerek alkalmazásával [9]. Jelölje:

$$A = A_1(N, B_0)$$

azt a forgalmi terhelést, amit a szolgáltatási szint B_0 névleges mértéke mellett fel lehet ajánlani N áramkörnek, és

$$A_2 \equiv A_1(N, B_0)$$

a megengedett felajánlható forgalmi terhelést (2. ábra). Amennyiben a $\Delta A(N)$ marginális terhelést korlátozzuk — amit *Erlin-módszernek* nevezünk —, akkor

$$A_2(N) = \begin{cases} A_1(N, B_0) & \text{ha } N \geq N_{cr} \\ \Delta A_0 \cdot (N - N_0) & \text{ha } N \leq N_{cr} \end{cases}$$

ahol ΔA_0 a megengedett legnagyobb marginális terhelés (pl. 0,83 erlang), N_{cr} pedig kielégíti a

$$A(N_{cr}) = A_2(N_{cr}) - A_2(N_{cr} - 1) = \Delta A_0$$

egyenletet. Az $A_{cr} = A_1(N_{cr}, B_0)$ jelöléssel

$$N_0 = N_0(B_0, \Delta A_0) = N_{cr} - \frac{A_{cr}}{\Delta A_0}$$

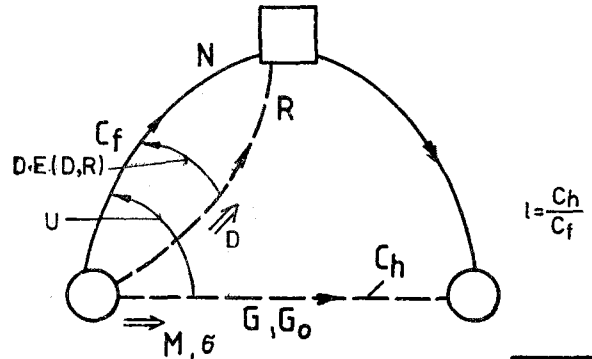
Bizonyítható, hogy egy $\tau \cdot A$ mértékű túlterhelés esetén definiálható kvalifikációs index aszimptotikusan optimális, ha $\Delta A_0 = 1/\tau$ [8; 9]. Így az áramkörök szükséges száma az Erlin-módszer alkalmazása esetén:

$$N = \begin{cases} \text{túlméretezés nélkül} & \text{ha } A \leq A_{cr} \\ N_0 + \tau A & \text{ha } A \geq A_{cr} \end{cases}$$

2.2. Az alaphálózati nyalábok hasítása

A túlsorduló forgalom hozzáférést az utolsó választású alaphálózati nyalábhoz könnyen korlátozhatjuk úgy, hogy az áramkörök egy meghatározott csoportját az alaphálózati nyalábban fenntartjuk a közvetlenül ide felajánlott forgalom számára. Általában a korábbi választású áramköröket tartalékoljuk, és ezek egy ún. *védő áramkörnyalábot* alkotnak. A későbbi választású áramkörök adják a ténylegesen utolsó választású nyalábot. Ezzel az alaphálózati nyalábot tulajdonképpen két nyalábra hasítottuk (7. ábra). A védeni kívánt forgalmi viszonylatok forgalmát a védő áramkörnyalábnak ajánljuk fel, túlsordult forgalmát az utolsó választású nyalábra irányítjuk át. A nagy kihasználtságú harántnyalábok túlsordult forgalmát közvetlenül az utolsó választású nyalábra irányítjuk [5].

Legyen D az a forgalom (Erlangban mérve), amit közvetlenül az R darab tartalékolt áramkörnek ajánlunk fel, jelöljük $E(D, R)$ -rel az Erlang-féle veszteségformulát, ami a védő áramkörnyalábban bekövetkező torlódást jellemzi, és végül $B(N, R, \tau)$ -val azt a torlódást, ami az N áramkörből álló utolsó választású nyalábban τ túlterhelési arány esetén fellép. Defináljuk a Q kvalifikációs tényezőt a következő módon:



7. ábra. Hierarchikus irányítású hálózat az alaphálózat hasításával

$$Q_2(R) = \frac{1 - E(D, R) \cdot B(N, R, \tau)}{\left(R + \frac{D \cdot E(D, R)}{\Delta A(N)} \right) / \frac{D}{\Delta A(N)}}$$

ahol a számláló a D forgalmi terhelés sikerességi arányát adja meg, a nevező pedig azt mutatja, hogy a D forgalmi terhelés lebonyolításának költsége mekkora az $R=0$ eset költségéhez képest. Feltételezve, hogy $B(N, R, \tau) = B_r$, $\Delta A(N) = \Delta A$, optimalizálhatjuk Q_2 -t R -re vonatkozólag. A $B_r=0$ feltétel mellett az optimális költségű megoldást a

$$\Delta A = D \frac{\partial E(D, R)}{\partial R}$$

összefüggés adja, ami $R \geq 1$ eredményre vezet, ha $D \geq \Delta A / (1 - \Delta A)$. Ez azt jelenti, hogy gyakorlati esetekben ($D > 5$ Erlang) az utolsó választású irányok hasítása a költségek szempontjából hatékony megoldás, amellyel, hogy javítja a nagy kihasználtságú nyalábok túlterhelésével szembeni védelmet. A $B_r > 0$ esetben természetesen növekszik R optimális értéke. Könnyen bizonyítható, hogy az aszimptotikusan optimális megoldás $R = D$. Numerikus vizsgálatok azt mutatják, hogy $R < D$, ha $B_r = 0$ és $\Delta A \geq 0,7$, valamint $R > D$, ha $B_r = 1$. Jó közelítésnek elfogadhatjuk, hogy $R = [D]$ gyakorlati esetben, például, ha $\Delta A = 5/6$, $B_r = 0,2 \dots 0,5$ (0,35...0,36), vagy ha $\Delta A = 0,7$ és $B_r = 0 \dots 0,4$ (0,13...0,15). (Zárójelben jelezzük az egyenlőség esetét, továbbá [·] jelenti az egészre való felkerekítést.)

A hasított utolsó választású nyaláb optimális méretezését [8] arra az esetre mutatja be, ha teljes kiesés következik be a harántirányon, és megmutatja, hogy $[D]$ darab tartalékolt áramkör esetében az eredmények hasonlóképpen szuboptimálisak.

2.3. A harántirányok megerősítése

A harántnyalábok méretezésének szemszögéből nézve a túlterhelés elleni védelem a túlterheléskor fellépő többlet túlsorduló forgalom segítségével definiálható. Csökken a többlet túlsorduló forgalom, ennél fogva javul a túlterheléssel szembeni védelem, ha az érintett harántnyaláb méretét növeljük. A túlterhelés elleni védelem ilyen oldalról való megfontolása arra ösztönöz, hogy a nagy kihasználtságú nyaláb méretét

nagyobbra válasszuk, mint ami a normál terhelésnél költség szempontjából optimális volna.

Az utolsó választású irány forgalmi terhelésétől és áramkörszámától független megoldás megtalálása érdekében [10] a következőképpen definiál egy kvalifikációs tényezőt:

$$Q_3(G) = \frac{S_3(G)}{C_3(G)} = \frac{a \cdot M - U_\sigma + U}{aM} = \frac{G \cdot l + \frac{U}{\Delta A}}{\frac{M}{\Delta A}} = \frac{1 - E(\sigma M, G) + E(M, G)/\sigma}{\frac{GL}{M} + E(M, G)}$$

ahol M az a forgalom, amit a G áramkörből álló haránt-nyalábnak ajánlunk fel, l a költségarány egy haránt- és egy tandem-áramkör között, $\Delta A \cong \Delta A(N) L = \Delta A \cdot l$, $U = M \cdot E(M, G)$, a a haránt forgalom túlterhelési aránya (7. ábra). $S_3(G)$ a túlterhelés kezelőképességet jellemzi, $C_3(G)$ pedig a szóbanforgó nagy kihasználtságú haránt-nyalábnak felajánlott forgalom lebonyolításának relatív költsége. Q_3 -t optimalizálva G hatékony értékét kapjuk [10]. A $a=1$ esetre a költség szempontjából optimális megoldás adódik.

2.4. Teljes nyalábok képzése haránt-irányokban

Haránt-nyalábok méretezésekor előfordul, hogy a költségek szempontjából előnyös megnövelni valamely nagykihasználtságú nyaláb méretét úgy, hogy eleget tegyen a B_0 torlódási előírásnak, és megakadályozva a túlsordulást, kihasználjuk a végpontok közötti szolgáltatási fok megengedett növekedését [11, 12]. Az ilyen nyalábokat *teljes nyalábok*nak nevezzük. A teljes nyalábok képzésének gazdaságossági kritériuma tehát:

$$GL + M \cdot E(M, G) \cong G_0 L \quad \text{minden } G < G_0\text{-ra,}$$

ahol G_0 a szóban forgó teljes nyalábot alkotó áramkörök száma. A teljes nyalábok ezen felül jelentős védelmet nyújtanak az utolsó választású irányok számára, megakadályozva az erősen csúcsos forgalom túlsordulását. Ezeknek az előnyöknek a kedvéért el lehet fogadni bizonyos költségtöbbletet is. Kiterjesztve a Q_3 kvalifikációs tényező elvét, a teljes nyalábokra $U_\sigma = U = 0$ figyelembevételével azt kapjuk, hogy

$$Q_4 = \frac{M}{G_0 L}.$$

Nyilvánvaló, hogy amennyiben $Q_4 > Q_3(G)$ minden $G < G_0$ -ra, akkor a teljes nyaláb képzése hatásosabb, mint a nyalábok egyszerű megerősítése. Tekintve, hogy $1/\alpha \cong S_3(G) < 1$ és $S_4 = 1$, egy költségoptimalis nagykihasználtságú nyaláb teljes nyalábbá tétele hatékonyan legfeljebb σ szoros költségnövekedést jelenthet.

3. A védelmi módszerek összehasonlítása

Négy méretezési eljárást ismertettünk, melyek segítségével enyhíthető a túlterhelések kedvezőtlen hatása a

közvetlenül utolsó választású nyalábnak felajánlott forgalomra. A 2-es és 4-es módszer hasznot hajtó a túlterhelés elleni védelemre vonatkozó megfontolásoktól eltekintve is: az utolsó választású nyalábok hasítása rendszeresen (mivel általában $R > 0$), és egyes esetekben a teljes nyalábok képzése is gazdaságosan végezhető el. Az 1-es és 3-as módszerek minden esetben valamelyest költségnövekedést jelentenek.

Mindegyik módszernek van egy hatékony megoldása a költségeket és az elért hasznot egyaránt tekintetbe véve. (A 4-es módszert itt úgy tekintjük, mint a 3-as módszer egy speciális megoldását.)

Az 1-es és 2-es módszert a közvetlenül felajánlott forgalom védelme szempontjából összehasonlítva azt mondhatjuk, hogy a 2-es módszer felette áll az 1-esnek, és a két módszer kombinálása sem hatékony. Ha egy gazdaságos módon hasított utolsó választású nyalábot tekintünk, akkor a védő nyalábot bővítve egy további áramkörrel nagyobb javulást érünk el a szóban forgó forgalom védelmében, mint akkor, ha a tényleges utolsó választású nyalábhöz adunk hozzá még egy áramkört. Ez gyakorlatilag mindaddig van így, míg a védőnyaláb kisveszteségű nyalábbá nem válik. Itt jegyzendő meg, hogy az *áramkörtartalékolás* — amely TPV-központok esetén jöhet számításba — az alap-hálózati nyaláb hasításának korszerűbb, és feltétlen hatékonyabb megfelelője. Ugyanis az áramkörtartalékolásnál a tartalékolt áramkörök nem rögzítettek, így a forgalmi kihasználtság nyilván kedvezőbb, ezen túlmenően a túlsordulás megakadályozhatósága folytán egy magasabb szintű túlterhelésvédelmet képes biztosítani.

A 3-as és 4-es módszert egyesítve, és G_c -vel jelölve a harántnyalábnak azt a méretét, ami a költség szempontjából optimális, heurisztikusan a leghatékonyabb megoldás G_c , $G_c + m$ vagy G_0 , aszerint, hogy melyik a legnagyobb

$$\{Q_3(G_c), Q_3(G_c + m), Q_4\}$$

közül, ahol m jelenti az áramkörnyalábok bővítésének minimális inkrementumát.

A 3-as módszer a szóban forgó nagy kihasználtságú nyaláb túlterhelés elleni védettségét közvetlenül javítja, de csak közvetetten az utolsó választású nyalábtól, így általában a 3-as módszernek a 2-es melletti használata nem hatékony a közvetlenül utolsó választású nyalábnak felajánlott forgalom szemszögéből. Ennek vizsgálatához egy kétparaméteres kvalifikációs tényezőt kell definiálni:

$$Q_{2,3} = \frac{1 - E(D, R) \cdot B(G)}{\frac{GL}{M} + E(M, G)}$$

ahol $B(G)$ a tényleges utolsó választású nyaláb torlódása, amikor is a G áramkörből álló harántnyalábon σ -szoros túlterhelés lép fel. Ebből annak feltétele, hogy hatékony legyen m áramkörnyi bővítés a haránt, nyalábon:

$$\frac{(G_c + m) \cdot L + ME(M, G_c + m)}{G_c L + ME(M, G_c)} <$$

$$< \frac{i - E(D, R) \cdot B(G_c + m)}{1 - E(D, R) \cdot B(G_c)}$$

Teljes nyalábok képzése (4-es módszer) esetén a feltétel kedvezőbb alakul:

$$\frac{G_0 L}{G_c L + ME(M, G_c)} < \frac{1 - E(D, R) \cdot B(G_0)}{1 - E(D, R) \cdot B(G_c)}$$

ahol $B(G_0)$ jelöli a tényleges utolsó választású nyaláb torlódását, feltéve, hogy a szóban forgó, túlterhelt harántnyalábról túlsordulás nincs. Közelítéseket alkalmazva a fenti kritériumban, feltételezve az utolsó választási nyalábon egy nagymértékű, r -szoros túlterhelést a túlsorduló harántnyaláb a -szoros túlterhelése esetén, azt kapjuk, hogy, ha

$$G \cdot L^* + M \cdot E(M, G) \geq G_0 \cdot L^* \quad \text{minden } G < G_0 - ra,$$

$L^* = 1/\tau$ érték mellett, akkor a teljes nyaláb képzése gyakorlatilag tetszőleges ΔA érték mellett hatékonyak bizonyul. E feltétel jelentőségét az adja, hogy a teljesnyalábképzés gazdaságossági kritériumához hasonló alakú kritériumot kaptunk $\Delta A = 1/\tau$ helyettesítéssel. Így a harántnyalábméretező módszerek, diagramok közvetlenül használhatók [12]. Nyilvánvaló, hogy a teljesnyalábképzést $\tau > 1/\Delta A(N)$ választással segíthetjük elő.

4. Következtetések

A távbeszélő hálózatok forgalomirányításának bonyolultsága, a hálózat kihasználtsága és a túlterhelések elleni védelem szükségességének mértéke összefüggnek. Hierarchikus hálózatokban a forgalmi túlterhelések elleni védelem az utolsó választású nyalábra közvetlenül felajánlott fogalmak védelmére irányul. A leghatásosabb módszer az áramkör-tartalékolás, amely azonban csak TPV-központok esetén valósítható meg. Elektromechanikus központok esetén nagyon hatásos és gazdaságos módszer az utolsó választású nyalábok

hasítása. A haránt-nyalábok teljes nyalábként való kiképzése szintén hatásosan járulhat hozzá a túlterhelés elleni védelemhez. A gazdaságos teljes nyalábképzést mindig meg kell valósítani. A túlméretezéssel szemben inkább ezeknek a módszereknek a rendszeres alkalmazása javasolható.

IRODALOM

- [1] Haenschke D. G., Kettler D. A., Oberer E.: A new SPC-CCIS network management challenge. 10th ITC, Montreal, 1983.
- [2] Ash, G. R. et al.: Intercity dynamic routing architecture and feasibility, 10th ITC, Montreal, 1983.
- [3] Szybicki, E., Bean A. E.: Advanced traffic routing in local telephone networks. 9th ITC, Torremolinos, 1979.
- [4] Sallai Gy. (szerk.): Távközlő hálózatok forgalmi tervezése. KÖZDOK, Budapest, 1980.
- [5] Songhurst, D. J.: Protection against traffic overload in hierarchical networks, employing alternate routing. 1st Networks Symp., Paris 1980.
- [6] Akinpelu, J. M.: The overload performance of engineered networks with nonhierarchical and hierarchical routings. 10th ITC, Montreal, 1983.
- [7] Nádor L.: Túlterhelt távbeszélő hálózat hatásfokcsökkenésének megakadályozása. Tanulmány, Posta Kísérleti Intézet, 1985.
- [8] Sallai Gy.: Efficiency aspects in network securization, 2nd Networks Symp., Brighton, 1983.
- [9] Phan van Linh—Sallai G.: Áramkörnyalábok méretezése túlterhelési tartalékkal. Híradástechnika, 33. évf. 7. sz. 1982.
- [10] Sallai Gy., Dely Z.: Dimensioning alternate routing networks with overload protection. 11th ITC, Kyoto, 1985.
- [11] Gimpelson L, A.: Network management design and control of communication networks. Electrical Communication, Vol. 49. No. 1. 1974.
- [12] Sallai Gy., Dely Z.: Alternatív irányítási hálózatok moduláris méretezésére. Posta Kísérleti Intézet Közlemények, 33. kötet, 25—50. Budapest, 1984